

VŠB – Technická Univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Návrh intenzifikace plynové kotelny v systému centrálního
zásobování teplem

Project of Intensification Gas Boiler House in Central Heating
System

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Petra Pavloková
Ing. Michal Židek, PhD.

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petra Pavlová**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2302T006 Energetické stroje a zařízení**
Téma: **Návrh intenzifikace plynové kotelny v systému centrálního zásobování teplem**
Project of Intesification Gas Boiler House in Central Heating System

Zásady pro vypracování:

Vypracujte návrh intenzifikace plynové kotelny v systému CZT pomocí kogeneračního zařízení ve variantách se spalovací plynovou turbínou a plynovým pístovým motorem.

Obsah:

1. Základní popis jednotlivých typů (CZT, bloková výtopna, ...)
2. Srovnání centralizované a decentralizované kombinované výroby EE a tepla.
3. Navrhněte optimální výkon kogenerace.
4. Proveďte bilanční energetické výpočty.
5. Stanovte investiční a provozní náklady.
6. Enviromentální vyhodnocení navržených řešení.
7. Ekonomické vyhodnocení.
8. Celkový potenciál úspor energie.
9. Výkres napojení kogeneračního zařízení na stávající systém.
10. Technologické schéma.

Seznam doporučené odborné literatury:


VALENTY, V. a kol.. *Topenářská příručka 3*. Agentura ČSTZ, s.r.o., Praha, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
DVORSKÝ, E., HEJTMÁNKOVÁ, P. *Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla*. BEN – technická literatura, Praha, 2005. ISBN 80-7300-118-7.
MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU: *Kombinovaná výroba elektřiny a tepla v roce 2008*. duben 2010.
BRŮŽ, K. *Zásobování teplem*. 2. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. 217 s. ISBN 80-01-01587-4.
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Židek, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



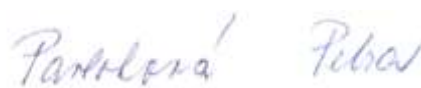

prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě: 21. 5. 2012

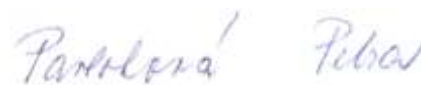


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požádat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21. 5. 2012



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Petra Pavlová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Skalice 395, Frýdek-Místek, 738 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pavloková, P. *Návrh intenzifikace plynové kotelny v systému centrálního zásobování teplem : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2012, 79 s, Vedoucí práce: Ing. Židek, M. PhD.

Tato diplomové práce pojednává o centralizovaných a decentralizovaných zdrojích tepelné energie a jejich analýze v souvislosti s cenou tepla. V praktické části se zabývám intenzifikací plynové výtopny v systému CZT. Vycházím ze zadaných spotřeb tepla, respektive množství vyrobeného tepla a navrhuji kogenerační jednotku ve variantách s plynovým pístovým motorem a se spalovací plynovou turbínou. Výsledkem jsou dvě konkrétní jednotky, které jsou v další části porovnány z hlediska energetického, ekonomického a z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. Závěrem diplomové práce je vyhodnocení vlivu navržených variant na cenu tepla dodávaného zákazníkům.

KLÍČOVÁ SLOVA

- centrální zásobování teplem
- kogenerační jednotka
- pístový motor
- spalovací turbína
- spotřeba tepla

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Pavloková, P. *Project of Intensification Gas Boiler House in Central Heating System: Master Thesis*. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2012, 79 p. Thesis head: Ing. Židek, M. PhD.

This diploma thesis deals with the centralized and decentralized sources of thermal energy and their analysis in the context of the price of heat. I deal with intensification of gas heating plant in CH system in practical part. I draw from specified heat consumptions or the quantity of produced heat and suggest a cogeneration unit in variations with gas piston engine and with combustion gas turbine. The results are two specific units which are compared in other part of the thesis in terms of energy, economic as well as in terms of their impact on the environment. Conclusion of the thesis is the influence evaluation of proposed alternatives to the price of heat supplied to customers.

KEYWORDS

- central heating system
- cogeneration unit
- piston engine
- gas turbine
- heat consumption

Obsah

Seznam použitých značek a symbol	9
Zkratky	10
0 Úvod	12
1 Definice základních typů dodávek tepla	13
1.1 Decentralizovaná výroba tepla	13
1.1.1 Palivové zdroje	13
1.2 Centralizovaná výroba tepla	14
1.2.1 Zdroje SCZT	14
1.2.2 Palivové zdroje	15
2 CZT a analýza cen tepla	16
2.1.1 Ceny tepla	16
2.1.2 Členění podle paliva	16
2.1.3 Členění podle krajů	17
3 Srovnání centralizované a decentralizované kombinované výroby tepla a EE	19
3.1 KVET – kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie	20
3.2 Instalace KVET	21
3.2.1 KVET a paliva	21
3.2.2 Shrnutí výhod a nevýhod centralizované a decentralizované KVET	22
4 Návrh kogenerace	23
4.1 Popis výchozího stavu	23
4.1.1 Stávající zdroj topné vody	24
4.1.2 Spotřeba tepla pro ohřev teplé vody a pro vytápění	25
4.2 Stanovení spotřeby tepla pro přípravu TV a vytápění	26
4.2.1 Denní spotřeba tepla	27
4.2.2 Stanovení průměrné spotřeby tepla na přípravu TV	29
4.3 Návrh optimálního výkonu KGJ	32
4.3.1 Hodinová spotřeba tepla	34
4.3.2 Optimální výkon KGJ	35
4.4 Kogenerační jednotka s pístovým spalovacím motorem	36
4.5 Provozní hodiny	38
4.5.1 Teoretické provozní hodiny	39
4.5.2 Skutečné provozní hodiny	39
4.6 Návrh akumulace	40
4.6.1 Objem zásobníku	40
4.6.2 Akumulace v rozvodech	41
4.7 Kogenerační jednotka se spalovací turbínou	42
4.8 Provozní hodiny	44
4.8.1 Teoretické provozní hodiny	44

4.8.2	Skutečné provozní hodiny	44
4.9	Návrh akumulace	45
4.9.1	Objem zásobníku	46
4.9.2	Akumulace v rozvodech	46
5	Bilanční energetické výpočty.....	47
5.1	Energetická bilance KGJ s pístovým spalovacím motorem.....	47
5.2	Energetická bilance KGJ se spalovací mikroturbínou	50
6	Stanovení investičních a provozních nákladů.....	53
6.1	Investiční náklady	53
6.2	Provozní náklady a příjmy	53
7	Environmentální vyhodnocení navržených řešení	55
7.1	Kategorizace zdroje.....	55
7.2	Stávající stav	56
7.3	Stav po instalaci KGJ – Varianta 1	57
7.4	Stav po instalaci KGJ – Varianta 2	58
7.5	Zhodnocení navržených variant	60
8	Ekonomické vyhodnocení.....	61
8.1	Základní vstupní údaje	61
8.2	Ostatní vstupní údaje.....	61
8.3	Základní kritéria při hodnocení projektů.....	63
8.4	Výsledné ekonomické ukazatele	64
9	Celkový potenciál úspor	68
9.1	Energetické úspory	68
9.2	Konečná cena tepla	68
9.2.1	Stávající stav	70
9.2.2	Konečná cena tepla po instalaci KGJ – Var 1	71
9.2.3	Konečná cena tepla po instalaci KGJ – Var 2	73
10	Závěr	76
11	Seznam použité literatury	78
12	Přílohy.....	79

Seznam použitých značek a symbol

CF_t	peněžní tok v roce t	[tis. Kč]
DN	prostá doba návratnosti	[rok]
INV_o	investiční náklady	[tis. Kč]
IRR	vnitřní výnosové procento	[1]
NPV	čistá současná hodnota	[tis. Kč]
$P_{KGJ / hod}$	tepelný výkon KGJ za hodinu	[GJ/hod]
Q_{akum}	tepelný výkon akumulace	[GJ]
Q_{den}	denní spotřeba tepla	[GJ]
Q_{hod}	hodinová spotřeba tepla	[GJ]
$Q_{i,ZP}$	výhřevnost zemního plynu	[MJ/m ³]
$Q_{prum / den}$	průměrná spotřeba tepla za den	[GJ/den]
$Q_{VII,2011}$	spotřeba tepla pro měsíc červenec (2011)	[GJ]
$Q_{VII,prumer}$	průměrná spotřeba tepla v červenci v letech 09-10	[GJ]
Q_{zj}	výpočtový tepelný výkon pro nabíjení zásobníku	[kW]
Q_{ZP}	spotřeba zemního plynu	[m ³]
R	diskontní sazba	[1]
V_z	objem zásobníku	[m ³]
VVP	hledané vnitřní výnosové procento	[1]
c	měrná tepelná kapacita vody	[kWh/m ³]
t_n	výpočtová teplota napájecí vody	[°C]
t_z	výpočtová teplota napájecí vody	[°C]
η	účinnost	[1]
σ	poměr pro přepočtení spotřeby tepla	[1]
τ_n	doba akumulace	[hod]
$\tau_{teor,den}$	teoretické provozní hodiny	[hod/den]

Zkratky

CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
CZT	centrální zásobování teplem
ČSN	česká státní norma
ČSU	Český statistický úřad
ČU	černé uhlí
DPH	daň z přidané hodnoty
DZT	decentralizované zásobování teplem
EE	elektrická energie
ELTO	extra lehký topný olej
ERÚ	Energetický regulační úřad
HU	hnědé uhlí
K1	kotel 1
K2	kotel 2
K3	kotel 3
KGJ	kogenerační jednotka
KVET	kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie
LTO	lehké topné oleje
NO _x	oxidy dusíku
NT	nízký tarif
OTE	operátor trhu s elektřinou
OZE	obnovitelné zdroje energie
SCZT	systém centrálního zásobování teplem
SDCZT	systém decentralizovaného zásobování teplem
SEI	státní energetická inspekce
SO ₂	oxid siřičitý
SYS	systémové služby
TE	tepelná energie
TTO	těžké topné oleje

TV	teplá voda
TZL	tuhé znečišťující látky
VOC	těkavé organické látky
VT	vysoký tarif
ZP	zemní plyn
atp.	a tak podobně
cca	cirka
popř.	popřípadě
resp.	respektive
vč.	včetně

0 Úvod

Teplárenství je v současnosti hojně diskutovaným pojmem. Problematika spočívá jednak v problému s prolomením těžebních limitů a jednak s neustále rostoucími cenami tepelné energie, právě cena tepla je jedním z hlavních důvodů, který vede k odpojování zákazníků od systémů centrálního zásobování teplem a jejich přechodu k decentralizované výrobě tepla. Ceny tepla jsou rozdílné jak podle krajů, tak podle užitého paliva. Jedna z možností jak snížit, popř. alespoň udržet stávající ceny dodaného tepla je zavedení kombinované výroby elektrické energie a tepla. Touto cestou lze snížit cenu tepla ze systému centrálního zásobování teplem, ale zároveň zefektivnit výrobu tepla v decentralizovaných zdrojích.

Samostatná výroba elektrické energie v elektrárnách a izolovaná výroba tepla ve výtopnách má za následek vyšší spotřebu primárních paliv a tím vyšší ekonomické náklady a větší zátěž životního prostředí. K současné výrobě tepla a elektrické energie se často používají plynové motory nebo spalovací turbíny. Technický pokrok vedl k vývoji jednotek malých výkonů, které lze využívat i pro decentralizovanou výrobu, která je výhodná zejména z důvodu snížení ztrát v rozvodech.

Zavedení kombinované výroby elektrické energie a tepla ve stávajících systémech centrálního zásobování teplem vede ke zvýšení zisků z prodeje elektrické energie, jejich výše je ovlivněna také výší příspěvků na podporu kombinované výroby elektrické energie a tepla, které stanovuje Energetický regulační úřad. Zefektivnění provozu těchto systémů by ovlivnilo cenu tepla pro konečné zákazníky a vedlo by k udržení teplárenství v ČR.

1 Definice základních typů dodávek tepla

Dodávka tepla slouží k uspokojování potřeby tepla pro vytápění, klimatizaci, ohřev vody a také krytí potřeby tepla pro technologické účely v průmyslu. [1]

Teplo je dodáváno třem hlavním typům odběratelů, kterými jsou:

- Bytové domy (obytné soubory, činžovní a rodinné domy)
- Občanská vybavenost (školy, úřady, nemocnice, obchody, sportoviště, atd.)
- Průmyslové podniky (výrobní a montážní haly, administrativní budovy, sklady)

Zásobování teplem se dělí na:

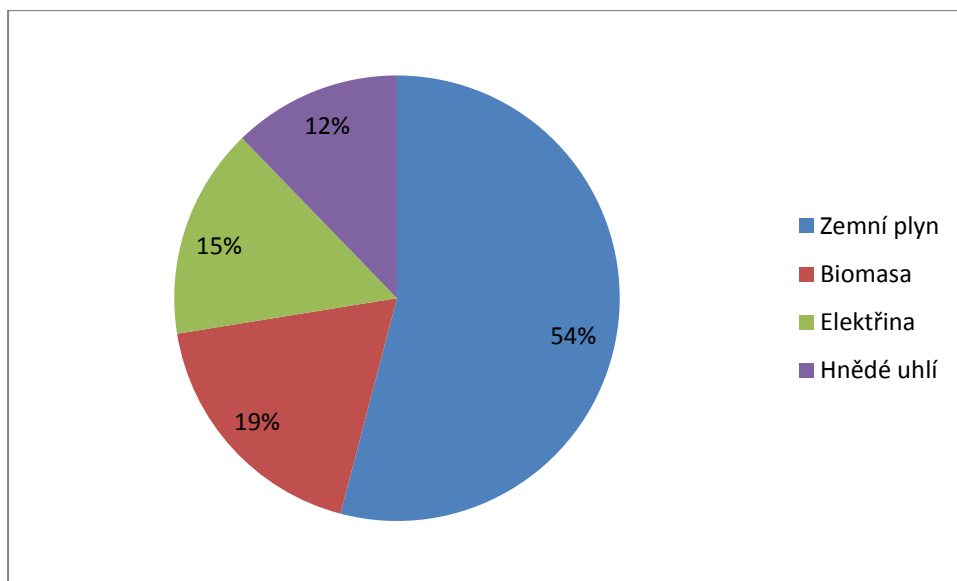
- decentralizované zásobování teplem (DZT)
- centralizované zásobování teplem (CZT)

1.1 Decentralizovaná výroba tepla

Decentralizované systémy výroby tepla, tj. kotelny zásobující teplem pouze jediný domovní objekt, ve kterém jsou i umístěny a které proto nejsou ani vybaveny venkovními rozvody tepla. [2]

1.1.1 Palivové zdroje

Decentralizovaně vyráběné teplo je vyráběno zejména ze zemního plynu a všech druhů tuhých paliv (hnědé uhlí, dřevo atd.), viz následující graf. [1]



Graf č. 1 Palivový mix systému DZT

Typy vytápění:

- Plynové vytápění (zemní plyn, propan)
- Elektrické vytápění
- Vytápění topným olejem (TTO, LTO, ELTO)
- Vytápění uhlím nebo koksem
- Vytápění biomasou
- Vytápění tepelným čerpadlem
- Kogenerace – společná výroba tepla a elektřiny

1.2 Centralizovaná výroba tepla

Soustavy CZT jsou tvořeny vzájemně propojenými zdroji tepla, tepelnými sítěmi, popřípadě předávacími stanicemi a vnitřními spotřebitelskými zařízeními. [1]

Podle skupenství a parametrů teplonosné látky, kterou bývá chemicky upravená voda, lze rozlišovat SCZT parní, horkovodní a teplovodní. [1]

- Parní SCZT
- Horkovodní SCZT
- Teplovodní SCZT

1.2.1 Zdroje SCZT

Citace z literatury [2]

Zdroj tepla dělíme:

Podle rozsahu tepelné sítě:

- bloková kotelna, zásobující menší skupinu budov s výkonem 2 až 4 MW
- okrsková kotelna, zásobující několik obytných domů s výkonem až 10 MW
- výtopna, zásobuje několik obytných bloků a výkonu až 250 MW
- teplárna, je kombinace výroby elektrické energie prostřednictvím parních turbín a zbytkové tepelné energie, která se využije jako zdroj tepla v tepelné soustavě centrálního zásobování teplem.

Podle stupně využití zdroje tepla v průběhu roku:

- základní zdroj, dodává teplo do SCZT v průběhu celého otopného období příp. i mimo otopné období (pro ohřev TV, technologické účely apod.)

- špičkový zdroj, slouží pro krytí potřeby tepla v průběhu krátkého období v roce klesne – li venkovní teplota pod průměrné hodnoty v topném období.

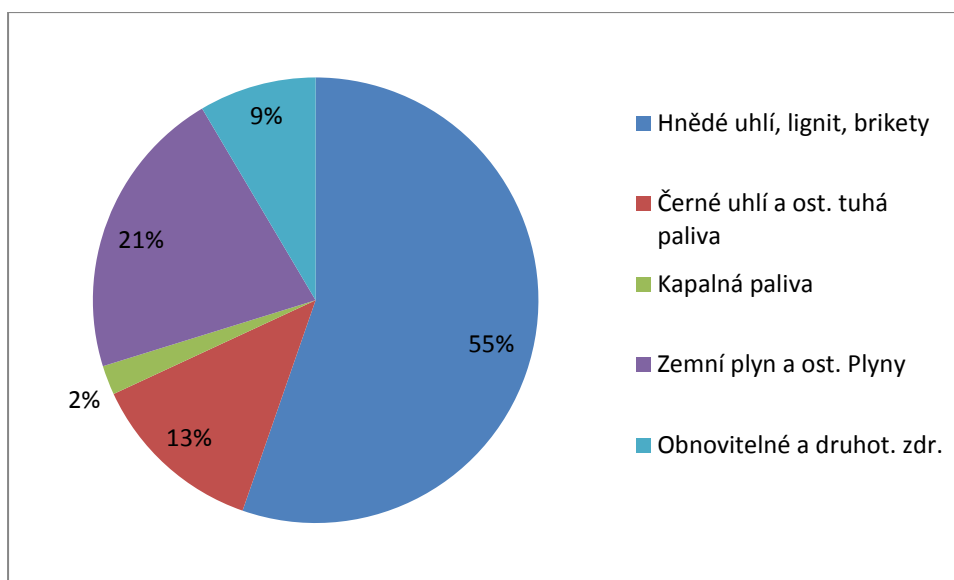
Podle provedení zařízení:

- výtopny, zařízení s parními, horkovodními nebo teplovodními kotli
- teplárny, pracující v parním cyklu (parní teplárny) s protitlakovými nebo odběrovými kondenzačními turbínami pracující v plynovém cyklu – teplárny se spalovacími turbínami nebo se spalovacími motory
- paroplynová soustrojí, teplárny pracující v kombinovaném cyklu tj. spalovací turbína – parní kotel – parní turbína

zařízení na využití odpadního tepla, spalínové kotle za technologickými agregáty využívající odpadní teplo spalín, horké vody nebo citelného tepla materiálu

1.2.2 Palivové zdroje

V centrální výrobě tepla v energetickém mixu převládá uhlí, zejména hnědé, následované zemním plynem. Ostatní zdroje (biomasa, případně jiné OZE nebo některá fosilní paliva – LTO, TTO) jsou zdroje spíše s lokálním a omezeným dopadem. [3] Podíl paliv na centralizované výrobě tepla je znázorněn na následujícím grafu.



Graf č. 2 Palivový mix systémů CZT [3]

2 CZT a analýza cen tepla

Ceny tepla v jednotlivých lokalitách ČR se liší, což je dáno mnoha faktory. Tím základním je druh používaného paliva a jeho cena. Dalším faktorem ovlivňujícím konečnou cenu tepla je velikost zdroje tepla a množství vyráběného tepla. Konečnou cenu tepla ovlivňuje také to, zda zdroj vyrábí pouze teplo anebo se jedná o kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie.

Druh paliva používaného pro výrobu tepla závisí především na jeho dostupnosti a ceně.

2.1.1 Ceny tepla

Pro lepší orientaci a představu jsou v následujícím textu uvedeny průměrné ceny tepelné energie na jednotlivých úrovních předání. Uváděné informace byly získány z dokumentu ERÚ (Vyhodnocení cen TE k 1. 1. 2011), který vyšel v listopadu 2011 a je volně dostupný na webových stránkách ERÚ.

Všechny ceny tepelné energie jsou uvedeny včetně snížené sazby DPH.

2.1.2 Členění podle paliva

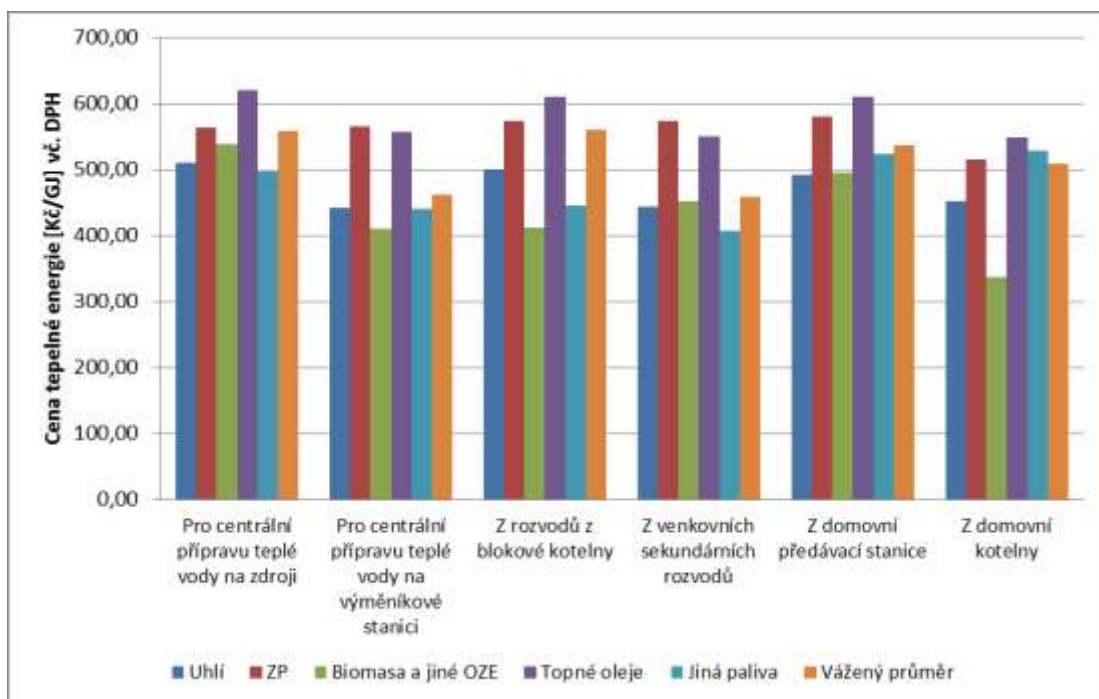
Výsledné průměrné ceny tepelné energie za rok 2010 na jednotlivých úrovních předání tepelné energie jsou členěny podle paliva použitého při výrobě, viz následující tabulka a graf.

Úroveň předání tepelné energie	Uhlí	ZP	Biomasa a jiné OZE	Topné oleje	Jiná paliva	Vážený průměr
	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]
Z výroby při výkonu nad 10 MW _t	187,16	401,35	202,99	295,20	175,75	205,54
Z primárního rozvodu	296,87	453,59	320,34	418,53	285,50	312,80
Z výroby při výkonu do 10 MW _t	320,54	452,65	307,88	539,56	170,54	360,46
Z centrální výměňkové stanice	419,32	556,05	255,75	510,30	472,14	438,97
Ceny tepelné energie pro konečné spotřebitele						
Pro centrální přípravu teplé vody na zdroji	509,60	563,77	538,20	619,64	496,10	558,66
Pro centrální přípravu teplé vody na výměňkové stanici	442,48	564,37	410,72	556,02	440,47	461,41
Z rozvodů z blokové kotelny	500,71	573,42	412,49	610,56	445,54	559,57
Z venkovních sekundárních rozvodů	442,92	574,02	451,25	550,31	407,30	457,82

Úroveň předání tepelné energie	Uhlí	ZP	Biomasa a jiné OZE	Topné oleje	Jiná paliva	Vážený průměr
	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]
Z domovní předávací stanice	491,45	580,40	494,83	610,06	523,79	537,64
Z domovní kotelny	452,21	515,89	336,80	549,20	528,25	507,90

Tabulka č. 1 Průměrné ceny tepelné energie v roce 2010 s rozlišením paliv [4]

Pozn. Ostatní paliva jsou především jiné plyny, komunální a nebezpečné odpady, koks, elektřina a v případě ČEZ a.s. jaderné palivo.



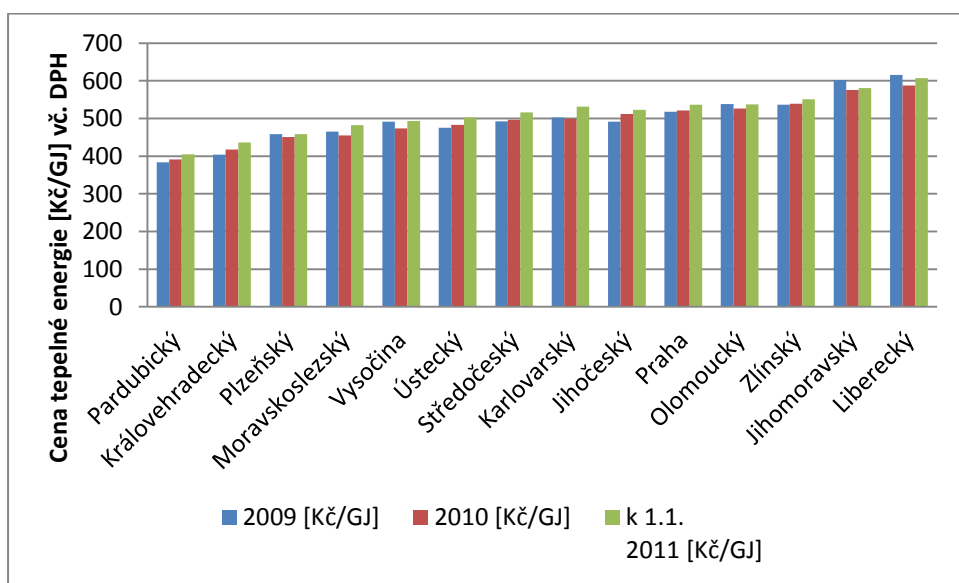
Graf č. 3 Porovnání cen tepelných energií vzhledem k palivu a úrovni předání energie pro rok 2010

2.1.3 Členění podle krajů

Průměrné ceny tepelné energie pro konečné spotřebitele v jednotlivých letech jsou rozčleněny podle jednotlivých krajů. Nejnižší ceny tepelné energie jsou v krajích s velkými, nejčastěji uhelnými zdroji tepelné energie, které významněji využívají kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, a rozsáhlé soustavy CZT. Naopak nejvyšší průměrné ceny tepelné energie pro konečného spotřebitele jsou v soustavách CZT, které při výrobě tepelné energie ve velké míře uplatňují ostatní paliva (především zemní plyn a topné oleje), případně v kombinaci s parními primárními rozvody, viz následující tabulka a graf. [4]

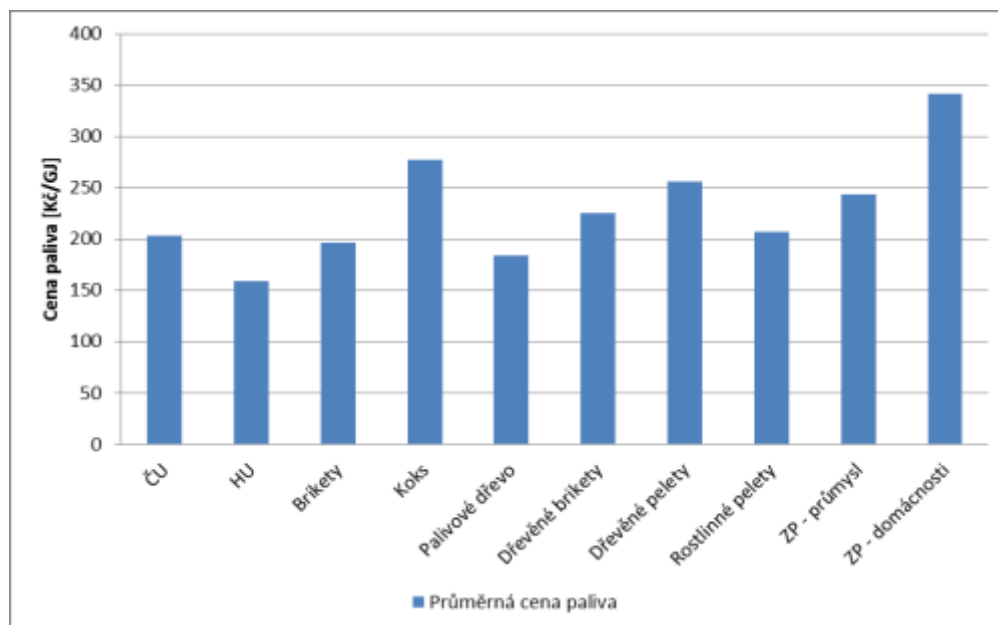
Kraj	2007	2008	2009	2010	k 1.1. 2011
	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]	[Kč/GJ]
Pardubický	321,4	377,2	383,4	391	404,6
Královéhradecký	348,6	385,3	404	417,7	436,5
Plzeňský	380	439,3	457,9	450,6	458,6
Moravskoslezský	382	443,4	465	454,7	482,2
Vysočina	426,5	496,5	491,4	473,4	492,7
Ústecký	407	447,2	475,3	483	502,8
Středočeský	421,1	471,4	492,4	496,3	515,9
Karlovarský	423,9	480,5	502,4	499	531,6
Jihočeský	432,5	480,6	491	512,2	523,1
Praha	430,5	493,8	517,8	521,3	536,4
Olcký	433,2	503,1	538,3	526,6	537,6
Zlínský	450	508,2	536,5	539,4	551,1
Jihomoravský	474,2	574,6	601,8	575,3	580,3
Liberecký	515,8	590,5	615,7	587,2	607,3

Tabulka č. 2 Průměrné ceny tepelné energie v jednotlivých krajích [4]



Graf č. 4 Porovnání cen tepelných energií v jednotlivých krajích v letech 2009, 2010 a ceny k 1. 1. 2011

V následujícím grafu jsou porovnány ceny jednotlivých paliv za rok 2011. Ceny uhelných paliv a biomasy jsou maloobchodní. Ceny zemního plynu jsou pro konečné zákazníky. Všechny ceny jsou uvedeny bez DPH.



Graf č. 5 Ceny jednotlivých paliv v roce 2011

Z grafu je patrné, že nejlevnější palivo pro konečného zákazníka (konečným zákazníkem je myšlena domácnost) vzhledem k energetické hodnotě je v současné době hnědé uhlí a nejdražším palivem pro domácnosti je pak zemní plyn.

Cena tepla vyráběného ve zdrojích na ZP je obecně jedna z nejvyšších, což je dáno především cenou paliva. Nejčastěji jsou na tom zdroje vyrábějící pouze teplo, jako jsou výtopny, blokové výtopny a domovní kotelny. Jedna z možností, jak tuto cenu tepla alespoň částečně snížit je instalace KGJ. Toto platí především pro zdroje tepla s větším množstvím vyráběného tepla a to pokud možno po celý rok. Jako nevhodnější se proto pro instalaci KGJ jeví hlavně velké výtopny na ZP a v určitých případech také některé blokové výtopny na ZP.

3 Srovnání centralizované a decentralizované kombinované výroby tepla a EE

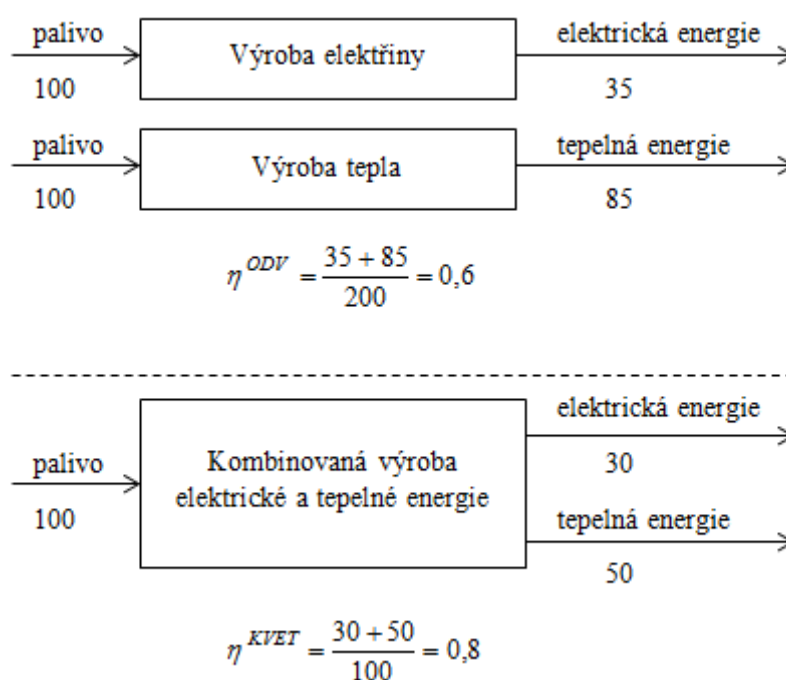
Teplárenství má v ČR velmi dlouhou tradici. V současné době soustavy CZT v ČR zásobují teplem téměř jednu třetinu obyvatelstva a dodávají zhruba polovinu veškeré spotřeby tepla v ČR. Jedná se především o dodávky tepla pro obyvatelstvo a veřejný sektor.

V posledních letech však čím dál častěji dochází ke snahám zákazníků o odpojení od CZT. Nejčastěji zmiňovaným důvodem požadovaného odpojení je přitom cena dodávaného tepla.

Se stále se zvyšujícími cenami všech druhů paliv jsou provozovatelé zdrojů tepla nuceni hledat řešení k možnému snížení, popř. alespoň udržení stávající ceny dodávaného tepla. Tou nejzákladnější a nejznámější možností je kombinovaná výroba tepla a elektrické energie.

3.1 KVET – kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie

Společná transformace primárních energií na energii elektrickou a tepelnou. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie může vzhledem k využívání jednoho primárního zdroje vstupujícího do transformačního řetězce výrazně přispět ke zvýšení účinnosti využívání primárních zdrojů oproti samostatné výrobě elektrické a tepelné energie, což je patrné na obrázku č. 1. [5]



Obr. č. 1 – Výrobní řetězec transformace primárního zdroje [5]

Podle způsobu a stupně konverze primárního paliva se kogenerace dělí:

- Parní
- Plynová
- Paroplynová

V poslední době se výzkum zabývá vývojem palivových článků, které vyrábějí elektřinu elektrochemickým způsobem.

3.2 Instalace KVET

Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie v souvislosti se systémem centrálního zásobování teplem je v ČR běžná.

Užití současné výroby tepla a EE v decentralizovaných zdrojích je méně obvyklé. U decentralizovaných zdrojů je ve většině případech typická samostatná výroba tepla (kondenzační kotle, tepelná čerpadla, solární kolektory apod.), popřípadě samostatná výroba EE pomocí fotovoltaických článků, nebo malých vodních a větrných elektráren. S vývojem malých kogeneračních jednotek se však KVET přenesla i do decentralizovaných zdrojů, kdy je teplo i EE spotřebována přímo v místě výroby. Je však nutno zajistit trvalý odběr tepla. V případě, kdyby došlo k maření tepelné energie, byl by provoz KGJ nevhodný. Elektřina vyrobená KGJ je spotřebována přímo v místě spotřeby, popřípadě lze její přebytky odprodávat do sítě na základě smlouvy s příslušným distributorem. Při splnění podmínek stanovených platnými předpisy má provozovatel kogenerační jednotky právo na příspěvek k ceně elektřiny ve výši stanovené cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu.

Investiční náklady v přepočtu na jednotku instalovaného výkonu v případě malých kogeneračních jednotek strmě rostou. Z toho pak vychází delší návratnost investice.

3.2.1 KVET a paliva

Palivová základna u velkých KGJ pro systémy CZT je různorodá. V ČR jsou běžné uhelné teplárny o velkých výkonech, dále lze využívat biomasu, odpady, zemní plyn, kapalná paliva, odpadní plyn apod. U decentralizovaných KGJ je ve většině případů palivem ZP.

Data v následující tabulce jsou získána ze statistických výkazů Ministerstva průmyslu a obchodu za rok 2008.

Palivo	Elektrický výkon	Tepelný výkon
	[MW]	[MW]
Hnědé uhlí	7 133	21 197
Černé uhlí	1 998	5 613
Oleje	193	924
Biomasa	-	-
Odpady	3	32
Kapalná paliva	9	79
Zemní plyn	614	2 439
Bioplyn	49	63
Ostatní plyny	175	314
Odpadní teplo	9	24
Celkem	10 183	30 685

Tabulka č. 3 Rozdělení KVET podle paliv [6]

U všech zdrojů tepla tvoří náklady na palivo vždy nejvyšší položku z koncové ceny tepla. U velkých tepláren tvoří náklady na palivo cca 50 až 60% z celkových nákladů na výrobu tepla. U malých domovních kotlen mohou náklady na palivo dosahovat až 80% z celkových nákladů na výrobu tepla. Kromě druhu a ceny paliva ovlivňuje konečnou cenu tepla také mnoho dalších faktorů, jako jsou velikost zdroje tepla, množství vyráběného tepla apod.

Nejvhodnějšími zdroji tepla pro zavedení kombinované výroby tepla a elektrické energie jsou především zdroje, vyrábějící pouze teplo spalující zemní plyn. Princip spočívá v instalaci spalovacích nebo parních turbín popř. kogenerační jednotky ke zdroji tepla a následnému prodeji elektrické energie do sítě. Ze zisku z prodeje elektrické energie lze následně splácet případný bankovní úvěr a úroky z úvěru, získaný na nákup zařízení a také dotovat konečnou cenu tepla pro zákazníky. Nejběžněji používaná zařízení pro tyto účely jsou plynové kogenerační jednotky.

3.2.2 Shrnutí výhod a nevýhod centralizované a decentralizované KVET

Výhody soustavy CZT:

- Odběratelé se nemusí starat o provoz a údržbu zařízení.
- Provozní náklady jsou zvýhodněny transformací do nižší sazby DPH.
- Provozovatel musí splňovat podmínku odbornosti, technických a finančních podmínek a podléhá doзору ze strany ERÚ a SEI.
- Cena tepelné energie podléhá cenové regulaci a provozovatel podléhá cenové kontrole ze strany ERÚ.
- Velký zdroj je trvale pod odborným dozorem, pravidelně nebo průběžně dochází k měření emisí, spolehlivěji se zajišťuje ekologický provoz.
- Rozptyl emisí z velkého zdroje je na lokální úrovni i na globální úrovni díky vysokým komínům výhodnější.
- Soustava CZT dokáže lépe zajistit bezpečnost a spolehlivost dodávky tepelné energie díky více zdrojům a existenci záložních zdrojů.
- Kvalita tepelné pohody v případě CZT a domovní kotleny je stejná.
- Soustavy CZT jsou téměř vždy součástí KVET a tvoří tak významný stabilizační prvek provozu elektrifikační sítě, včetně špičkových a rezervních výkonů a regulace odběru.

Nevýhody soustavy CZT:

- Většinou bez možnosti výběru dodavatele tepla.

- Většinou pevně daná cena tepla po celý rok, bez možnosti vyjednání výhodnějších podmínek.
- Závislost na jednom dodavateli.

Výhody domovních kotlen:

- Vlastní zařízení na výrobu tepla.
- Možnost volby mezi dodavateli paliva.
- Vyšší účinnost výroby a dodávky tepla.

Nevýhody domovních kotlen:

- Nutnost pravidelné obsluhy zařízení odborným (zaškoleným) personálem.
- Nutnost pravidelné revize zařízení odbornou osobou.
- Zvýšení místního znečištění ovzduší.
- Prvotní vysoká investice do zdroje tepla.
- Závislost na dodavateli paliva.
- Náklady na palivo a provozní náklady na zařízení nejsou zvýhodněny transformací do nižší sazby DPH.

4 Návrh kogenerace

Diplomová práce má za úkol navrhnout intenzifikaci plynové kotleny v systému CZT pomocí kogeneračního zařízení a to ve variantách se spalovací plynovou turbínou a plynovým pístovým motorem. K tomuto účelu byla vybrána reálná výtopna v Pardubickém kraji. Samotný návrh intenzifikace a komplexní popis stávajícího stavu zdroje včetně výpočtů je proveden v následujících kapitolách.

4.1 Popis výchozího stavu

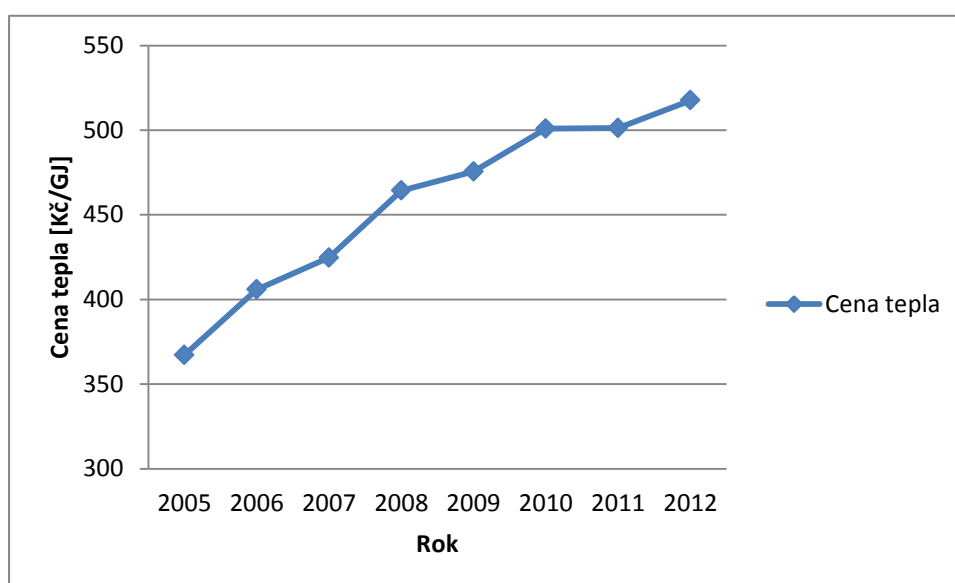
Výtopna se nachází v oblasti se smíšenou zástavbou mezi garážemi a obydlými domy – jak rodinnými, tak bytovými vícepodlažními domy.

Plynová výtopna dodává teplo pro přípravu TV a vytápění přilehlému sídlišti. V současnosti je teplo do sítě dodáváno převážně moderním kondenzačním kotlem LOOS (K3) s výkonem 8 MW. Pro letní provoz je výkon tohoto kotle vysoký a v zimních měsících je zapotřebí najíždět některý ze starších kotlů K1 nebo K2, které mají nízkou účinnost a jsou na hranici životnosti, viz kapitola 4.1.1. V teplovodním okruhu je topný

spád 90/70 °C. Pro provoz kondenzačního kotle je teplota vratné větve 55 °C, aby došlo ke kondenzaci spalin. Palivem pro všechny zdroje je zemní plyn.

V posledních letech dochází k nárůstu ceny tepla pro konečné odběratele. Příčinou zdražování je snižování stávajících odběrů zateplováním budov a s tím souvisí tendence odpojování odběratelů CZT a přechod k decentralizovanému zásobování tepla, viz následující graf.

Jedna z možností, jak tuto cenu částečně snížit a zefektivnit výrobu tepla, je instalace KGJ. Kogenerační jednotka bude vyrábět tepelnou a elektrickou energii, přičemž tepelná energie bude dodávána do stávající teplotní sítě a elektrická energie bude prodávána do distribuční sítě ČEZ Distribuce a.s. Část elektrické energie bude využito pro vlastní spotřebu kotleny. Palivem KGJ bude zemní plyn, takže nedojde ke změně palivové základny.



Graf č.6 Vývoj ceny tepla z vytápění v letech 2005 – 2012

Pozn. Ceny jsou uváděny bez DPH.

4.1.1 Stávající zdroj topné vody

Stávajícím zdrojem topné vody pro přípravu teplé vody a vytápění jsou tři nízkotlaké teplovodní kotle na zemní plyn o jmenovitých výkonech 4 MW, 5,5 MW a 8 MW. Rozvody tepla jsou dvoutrubkové. Informace o teplovodních kotlích jsou uvedeny v následující tabulce.

Parametry	Jednotka	K1	K2	K3
Výrobce kotle	[-]	Tatra Kolín	Tatra Kolín	LOOS
Typ kotle	[-]	nízkotlaký	nízkotlaký	nízkotlaký
Jmenovitý tepelný výkon	[MW]	4	5,5	8
Výkon hořáku kotle	[MW]	4,9	5,5	6,5
Rok výroby kotle	[rok]	1980	1980	2009
Rok uvedení do provozu	[rok]	1980	1980	2009
Palivo	[-]	zemní plyn	zemní plyn	zemní plyn
Účinnost	[%]	91	93	103,5

Tabulka č. 4 Přehled parametrů kotlů umístěných v plynové výtopně

Pozn.: Kotel K3 je kondenzační, a proto je účinnost vyšší než 100 % (vztaženo k výhřevnosti ZP). Kotelna je v provozu od 5.00 – 22.00, při poklesu teploty na výpočtovou prodlužuje dobu provozu až na nepřetržitou.

4.1.2 Spotřeba tepla pro ohřev teplé vody a pro vytápění

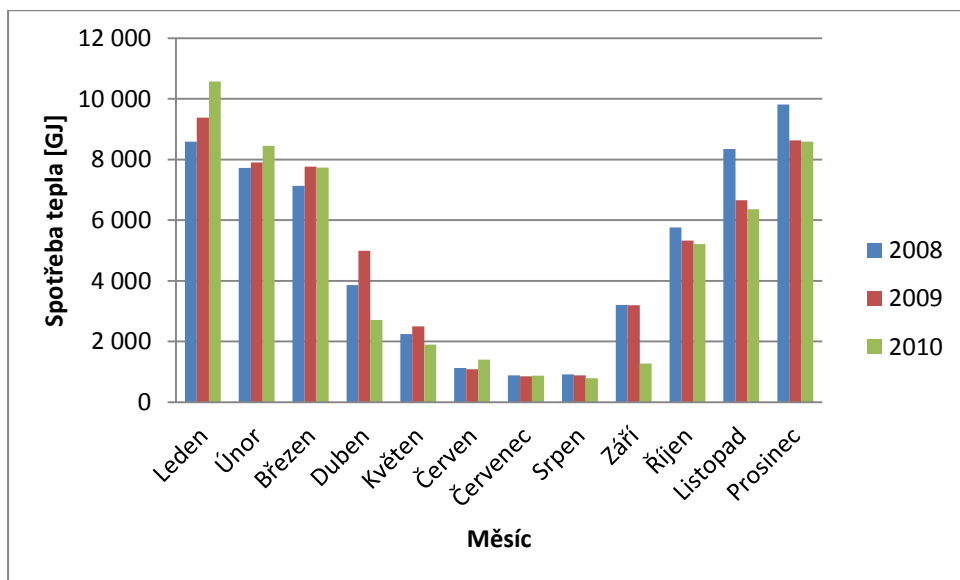
Při intenzifikaci plynové kotelny je nutné vycházet ze skutečné spotřeby tepla v průběhu roku.

Pro návrh optimálního výkonu kogenerace byly zadány měsíční spotřeby tepla (resp. množství vyrobeného tepla) za roky 2008 až 2010. Na základě těchto spotřeb byla stanovena průměrná měsíční spotřeba tepla (viz tabulka č.5). Jednotlivé měsíční spotřeby tepla jsou znázorněny i graficky.

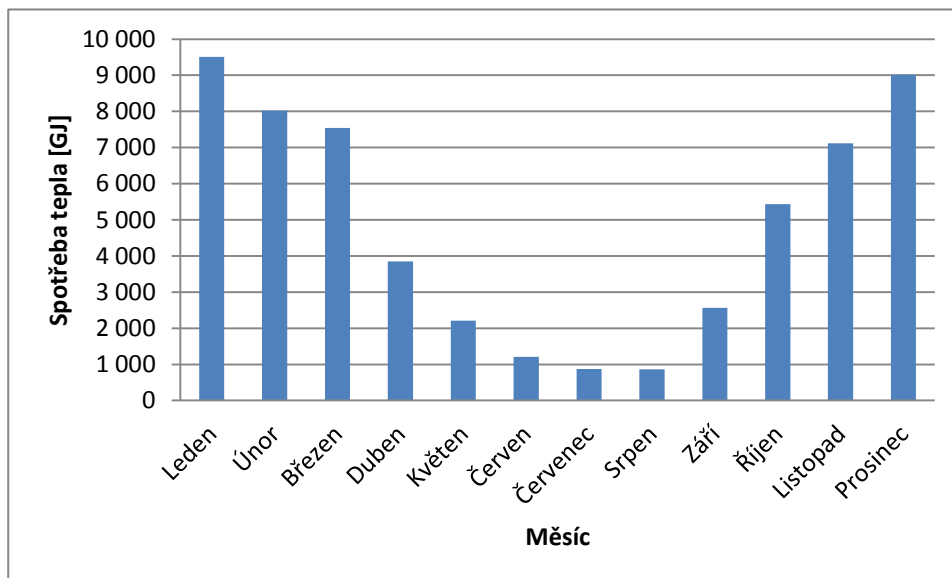
Měsíc	Spotřeba tepla [GJ]			
	2008	2009	2010	Průměr
Leden	8 591	9 375	10 571	9 512
Únor	7 727	7 897	8 449	8 024
Březen	7 135	7 765	7 728	7 543
Duben	3 858	4 988	2 706	3 851
Květen	2 245	2 498	1 900	2 214
Červen	1 124	1 088	1 405	1 206
Červenec	882	856	871	870
Srpen	914	887	790	864
Září	3 211	3 200	1 281	2 564
Říjen	5 761	5 323	5 212	5 432
Listopad	8 348	6 653	6 359	7 120
Prosinec	9 816	8 627	8 588	9 010
Celkem	59 612	59 157	55 860	58 210

Tabulka č. 5 Měsíční spotřeby tepla v letech 2008 až 2010 a průměrná spotřeba tepla

Pozn. V době zadání diplomové práce, nebyly ještě spotřeby pro rok 2011 známy.



Graf č. 7 Spotřeby tepla v jednotlivých měsících v letech 2008 až 2010



Graf č. 8 Průměrná spotřeba tepla v jednotlivých měsících

4.2 Stanovení spotřeby tepla pro přípravu TV a vytápění

Fakturovaná spotřeba zahrnuje spotřebu tepla pro vytápění a přípravu TV. Průběh spotřeby TV není znám. Ze znalosti denostupňů, uvedených v následující tabulce, v dané lokalitě v jednotlivých měsících, je zřejmé, že v měsíci červenci a srpnu bylo veškeré teplo spotřebováno pro přípravu TV. Průměrná spotřeba TV byla stanovena ze spotřeby v měsíci červenci.

Měsíc	Dny v měsíci	Denostupně
	[den]	[D°]
Leden	31	622
Únor	28	628
Březen	31	565
Duben	30	291
Květen	31	140
Červen	30	31
Červenec	31	0
Srpen	31	0
Září	30	85
Říjen	31	304
Listopad	30	493
Prosinec	31	632
Celkem	365	3 791

Tabulka č. 6 Počet denostupňů v jednotlivých měsících pro danou lokalitu

4.2.1 Denní spotřeba tepla

Podle denní spotřeby zemního plynu v měsíci červenci pro rok 2011 byla vypočítána průměrná spotřeba tepla pro přípravu tepla na jeden pracovní den a jeden den nepracovní. V měsíci červenci je veškerá spotřeba tepla užitá pro přípravu TV.

$$Q_{den} = \frac{Q_{ZP} \cdot Q_{i,ZP} \cdot \eta}{1000} \quad [\text{GJ}] \quad (1)$$

Kde jsou,

Q_{den}	denní spotřeba tepla	[GJ]
Q_{ZP}	spotřeba zemního plynu v danou hodinu	[m ³]
$Q_{i,ZP}$	výhřevnost zemního plynu	[MJ/m ³]
η	účinnost stávajících kotlů	[1]

Pozn. Výhřevnost zemního plynu se liší v závislosti na jeho složení, výpočtová hodnota byla zvolena 34,2 MJ/m³. Hodnota účinnosti stávajících kotlů je 0,92 (v letních měsících jsou v provozu kotel K1 nebo kotel K2).

Byly zvoleny konkrétní dny:

- Pracovní den 8. 7. 2011 (pátek)
- Nepracovní den 23. 7. 2011 (sobota)

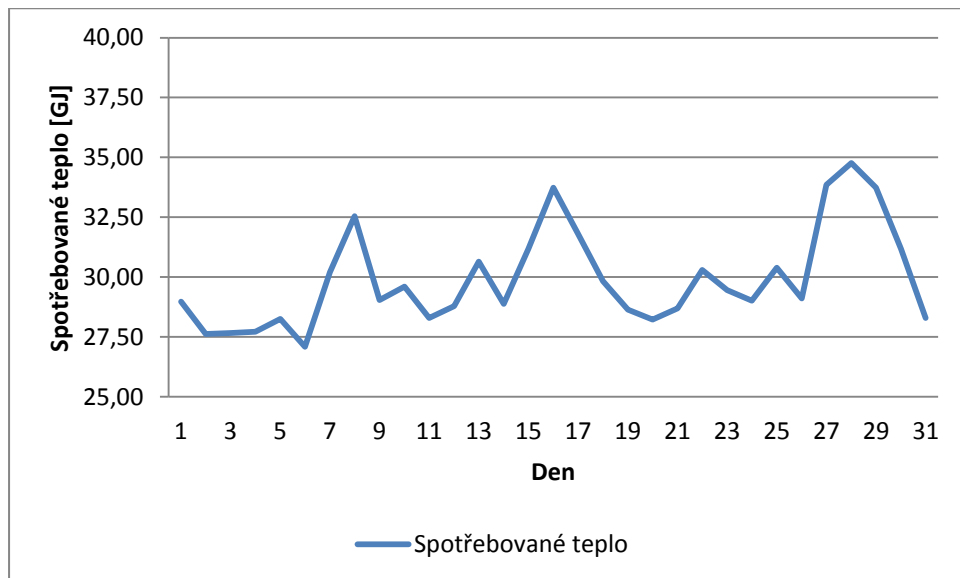
Spotřeba tepla v jednotlivých dnech v měsíci červenci 2011 je uvedena v následující tabulce.

Den	Spotřeba ZP		Spotřebované teplo
	[m ³]	[kWh]	[GJ]
1	921,00	8 749,50	28,98
2	878,00	8 341,00	27,63
3	879,00	8 350,50	27,66
4	881,00	8 369,50	27,72
5	898,00	8 531,00	28,25
6	861,00	8 179,50	27,09
7	960,00	9 120,00	30,21
8	1 034,52	9 827,90	32,55
9	923,00	8 768,50	29,04
10	941,00	8 939,50	29,61
11	899,00	8 540,50	28,29
12	915,00	8 692,50	28,79
13	974,00	9 253,00	30,65
14	918,00	8 721,00	28,88
15	991,00	9 414,50	31,18
16	1 072,00	10 184,00	33,73
17	1 011,00	9 604,50	31,81
18	948,00	9 006,00	29,83
19	910,00	8 645,00	28,63
20	897,00	8 521,50	28,22
21	912,00	8 664,00	28,70
22	963,00	9 148,50	30,30
23	935,99	8 891,91	29,45
24	922,00	8 759,00	29,01
25	966,00	9 177,00	30,39
26	925,00	8 787,50	29,10
27	1 076,00	10 222,00	33,86
28	1 105,00	10 497,50	34,77
29	1 072,00	10 184,00	33,73
30	991,00	9 414,50	31,18
31	899,00	8 540,50	28,29
celkem	29 478,51	280 045,81	927,51

Tabulka č. 7 Spotřeba tepla v jednotlivých dnech v měsíci červenec (2011)

Pozn. Celková spotřeba tepla pro měsíc červenec je vyšší než průměrná spotřeba tepla v tomto měsíci. Hodnoty spotřeb v jednotlivých dnech vycházejí z údajů pro rok 2011.

Průběh spotřeby tepla v jednotlivých dnech v měsíci červenci 2011 znázorňuje následující graf.



Graf č. 9 Průběh spotřeby tepla v měsíci červenec (2011)

4.2.2 Stanovení průměrné spotřeby tepla na přípravu TV

Jako referenční rok byl zvolen rok 2011. Pro tento rok byl stanoven počet pracovních a nepracovních dnů (víkendy, státní svátky).

Průměrná hodnota spotřeby tepla v pracovní den je hodnota spotřeby tepla pro den 8. 7. 2011 a průměrná hodnota spotřeby tepla v nepracovní den je hodnota spotřeby tepla pro den 23. 7. 2011.

Podle počtu pracovních a nepracovních dní byla v měsíci červenci stanovena průměrná spotřeba tepla pro rok 2011, viz tabulka č. 7.

$$Q_{VII,2011} = \tau_{prac} \cdot Q_{prac} + \tau_{neprac} \cdot Q_{neprac} \quad [GJ] \quad (2)$$

Kde jsou,

$$Q_{VII,2011} \quad \text{spotřeba tepla pro měsíc červenec (2011)} \quad [GJ]$$

$$\tau_{prac / neprac} \quad \text{počet pracovních a počet nepracovních dní} \quad [1]$$

$$Q_{prac / neprac} \quad \text{průměrná spotřeba tepla v pracovní a nepracovní den} \quad [GJ]$$

2011	Počet dní		Spotřeba tepla				
	Pracovní	Nepracovní	Pracovní	Nepracovní	Pracovní	Nepracovní	Celkem
			[GJ/den]		[GJ]		
Leden	21	10	32,55	29,45	683,55	294,50	978,05
Únor	20	8	32,55	29,45	651,00	235,60	886,60
Březen	23	8	32,55	29,45	748,65	235,60	984,25
Duben	20	10	32,55	29,45	651,00	294,50	945,50
Květen	22	9	32,55	29,45	716,10	265,05	981,15
Červen	22	8	32,55	29,45	716,10	235,60	951,70
Červenec	19	12	32,55	29,45	618,45	353,40	971,85
Srpen	23	8	32,55	29,45	748,65	235,60	984,25
Září	21	9	32,55	29,45	683,55	265,05	948,60
Říjen	20	11	32,55	29,45	651,00	323,95	974,95
Listopad	21	9	32,55	29,45	683,55	265,05	948,60
Prosinec	21	10	32,55	29,45	683,55	294,50	978,05

Tabulka č. 8 Stanovení průměrné spotřeby tepla pro měsíc červenec 2011

Přepočet na průměrnou spotřebu byl proveden pomocí poměru.

$$\sigma = \frac{Q_{VII,prumer}}{Q_{VII,2011}} \quad [1] \quad (3)$$

Kde jsou,

σ poměr pro přepočet spotřeby tepla [1]

$Q_{VII,prumer}$ průměrná spotřeba tepla v měsíci červenec [GJ]

$Q_{VII,2011}$ spotřeba tepla pro měsíc červenec (2011) [GJ]

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené průměrné spotřeby tepla pro přípravu TV v jednotlivých měsících.

2011	Počet dní		Spotřeba tepla na den				
	Pracovní	Nepracovní	Pracovní	Nepracovní	Pracovní	Nepracovní	Celkem
			[GJ/den]		[GJ]		
Leden	21	10	29,14	26,36	611,91	263,64	875,55
Únor	20	8	29,14	26,36	582,78	210,91	793,68
Březen	23	8	29,14	26,36	670,19	210,91	881,10
Duben	20	10	29,14	26,36	582,78	263,64	846,41
Květen	22	9	29,14	26,36	641,05	237,27	878,33
Červen	22	8	29,14	26,36	641,05	210,91	851,96

2011	Počet dní		Spotřeba tepla na den				
	Pracovní	Nepracovní	Pracovní	Nepracovní	Pracovní	Nepracovní	Celkem
			[GJ/den]		[GJ]		
Červenec	19	12	29,14	26,36	553,64	316,36	870,00
Srpen	23	8	-	-	-	-	864,00
Září	21	9	29,14	26,36	611,91	237,27	849,19
Říjen	20	11	29,14	26,36	582,78	290,00	872,78
Listopad	21	9	29,14	26,36	611,91	237,27	849,19
Prosinec	21	10	29,14	26,36	611,91	263,64	875,55

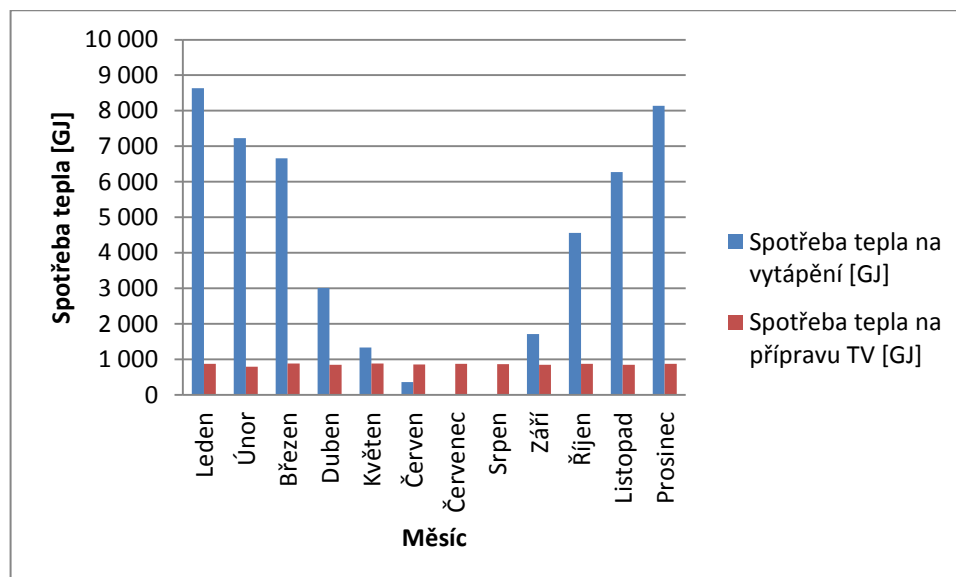
Tabulka č. 9 Stanovení průměrné spotřeby tepla pro přípravu TV v jednotlivých měsících

Pozn. Pro měsíc srpen je hodnota při přepočtu vyšší, než je průměrná spotřeba tepla pro tento měsíc (odstávky), proto byla ponechána hodnota vycházející z průměrné hodnoty spotřeby tepla v letech 2008 až 2010 pro měsíc srpen.

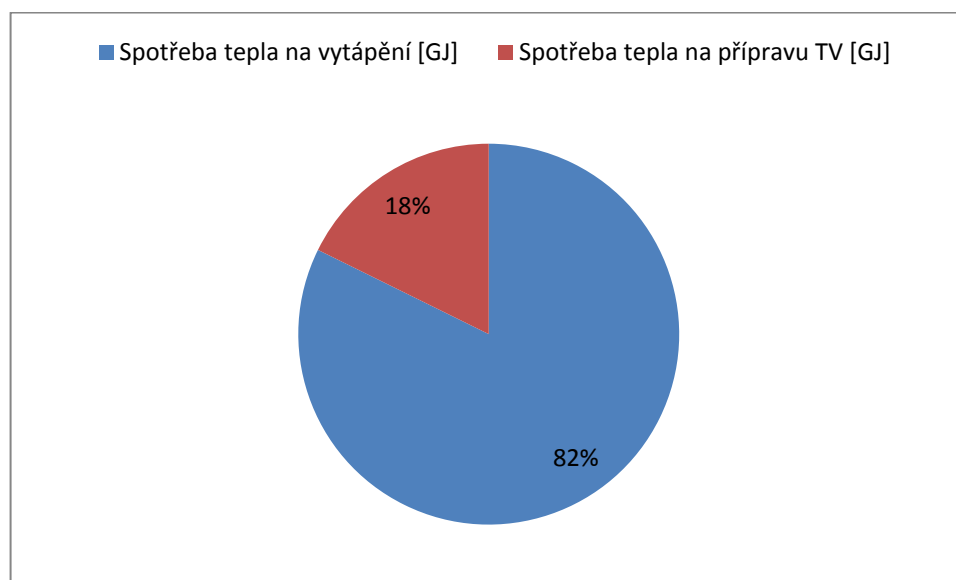
Podíl spotřeby tepla na přípravu TV a vytápění v jednotlivých měsících uvádí následující tabulka a grafy.

Měsíc	Spotřeba tepla	Spotřeba tepla na vytápění	Spotřeba tepla na přípravu TV
	[GJ]	[GJ]	[GJ]
Leden	9 512	8 636	876
Únor	8 024	7 230	794
Březen	7 543	6 662	881
Duben	3 851	3 005	846
Květen	2 214	1 336	878
Červen	1 206	354	852
Červenec	870	0	870
Srpen	864	0	864
Září	2 564	1 715	849
Říjen	5 432	4 559	873
Listopad	7 120	6 271	849
Prosinec	9 010	8 134	876
Celkem	58 210	47 902	10 308

Tabulka č. 10 Spotřeba tepla pro vytápění a přípravu TV



Graf č. 10 Spotřeba tepla pro vytápění a přípravu TV v jednotlivých měsících



Graf č. 11 Procentuální podíl spotřeby tepla na přípravu TV a vytápění

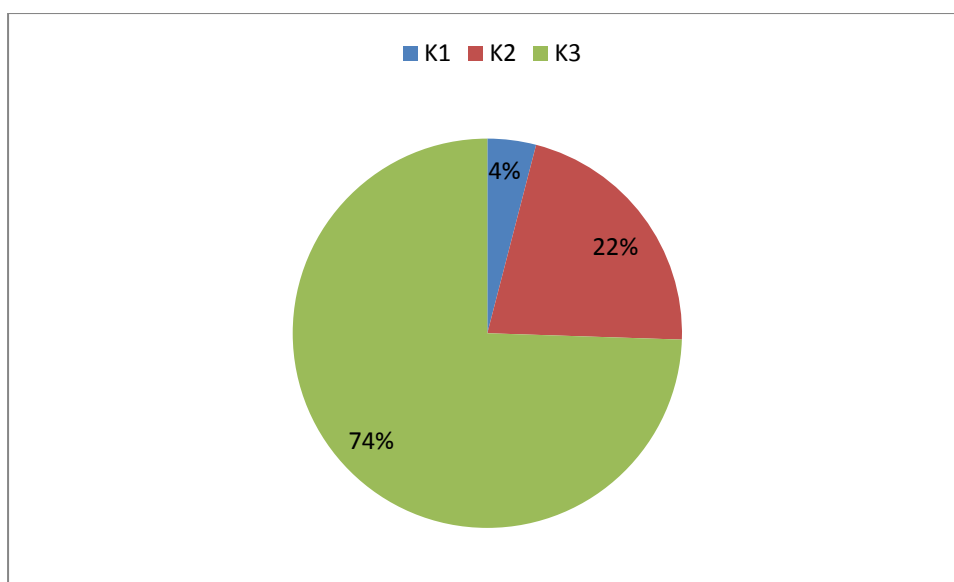
4.3 Návrh optimálního výkonu KGJ

Kogenerační jednotka není ve většině případů instalována jako jediný zdroj, ale pracuje v kombinaci s dalším kotlem nebo kotli. Kogenerační jednotka pokryje dodávku tepla a el. energie v základním zatížení, požadavek na vyšší tepelný výkon je zajištěn provozem jednotky společně s kotli.

V současném stavu se o výrobu tepla starají stávající kotle K1, K2 a K3, kdy nejvíce vytíženým kotlem je nový kotel K3. Kotle K1 a K2 slouží pro pokrytí odběrových špiček, viz následující tabulka a graf.

Zdroj	Výroba tepla	Podíl na výrobě tepla
	[GJ/rok]	[%]
K1	2 348	4
K2	12 508	21
K3	43 354	74
Celkem	58 210	100

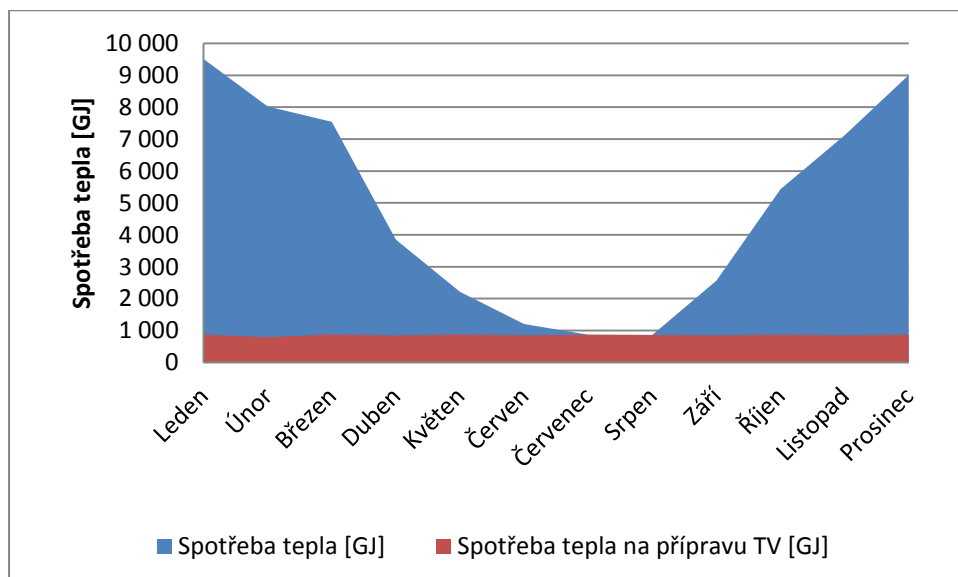
Tabulka č. 11 Rozložení spotřeby tepla dle jednotlivých zdrojů



Graf č. 12 Rozložení spotřeb tepla dle stávajících zdrojů

Základem koncepce návrhu kogenerace je celoroční provoz zdroje KGJ, kdy kogenerační výroba přejímá prioritu dodávky tepla do systému tepla před stávajícími kotli. Pokles dodávky bude řešen sníženou výrobou na kotlích K1 a K2.

Pro návrh velikosti kogenerace je z následujícího grafu zřejmé, že se výkon kogenerace bude navrhovat na spotřebu tepla v letních měsících, resp. spotřebu tepla na přípravu TV. Z dostupných informací o hodinové spotřebě průměrného pracovního dne v měsíci červenci, je možno určit optimální výkon KGJ.



Graf č. 13 Průběh spotřeby tepla

4.3.1 Hodinová spotřeba tepla

Je známa hodinová spotřeba tepla v průběhu běžného pracovního dne v měsíci červenci, konkrétně 8. 7. 2011 a v průběhu nepracovního dne, konkrétně 23. 7. 2011.

V průběhu dne od 5.00 až do 21.00 je měřena spotřeba zemního plynu. Na základě známé účinnosti současných zdrojů a průměrné výhřevnosti zemního plynu byla vypočtena spotřeba tepla, resp. množství vyrobeného tepla.

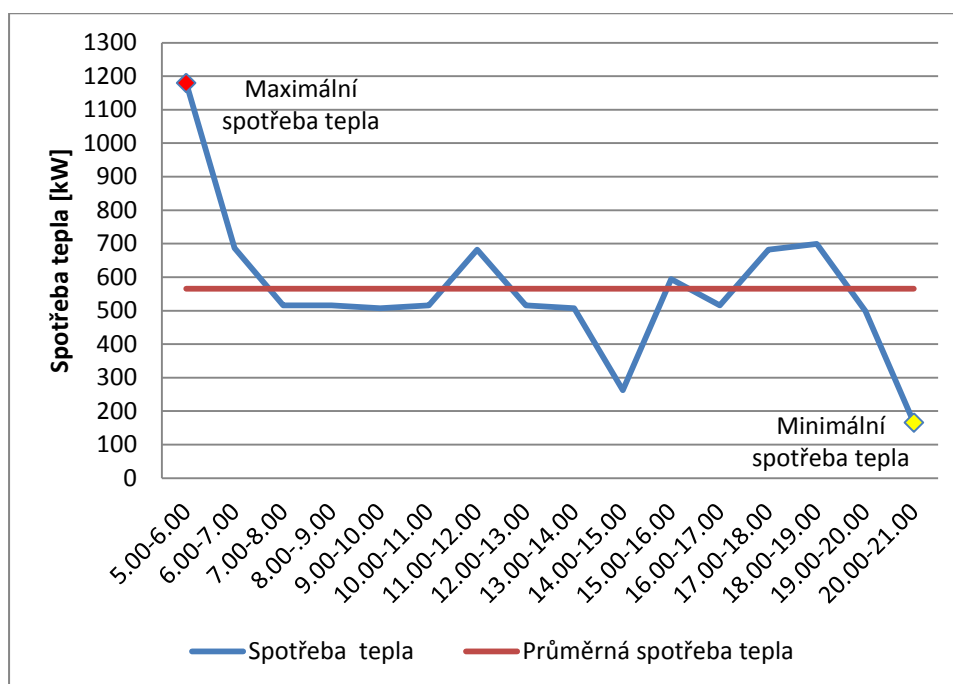
$$Q_{hod} = \frac{Q_{ZP} \cdot Q_{i,ZP} \cdot \eta}{1000} \quad [\text{GJ}] \quad (4)$$

Kde jsou,

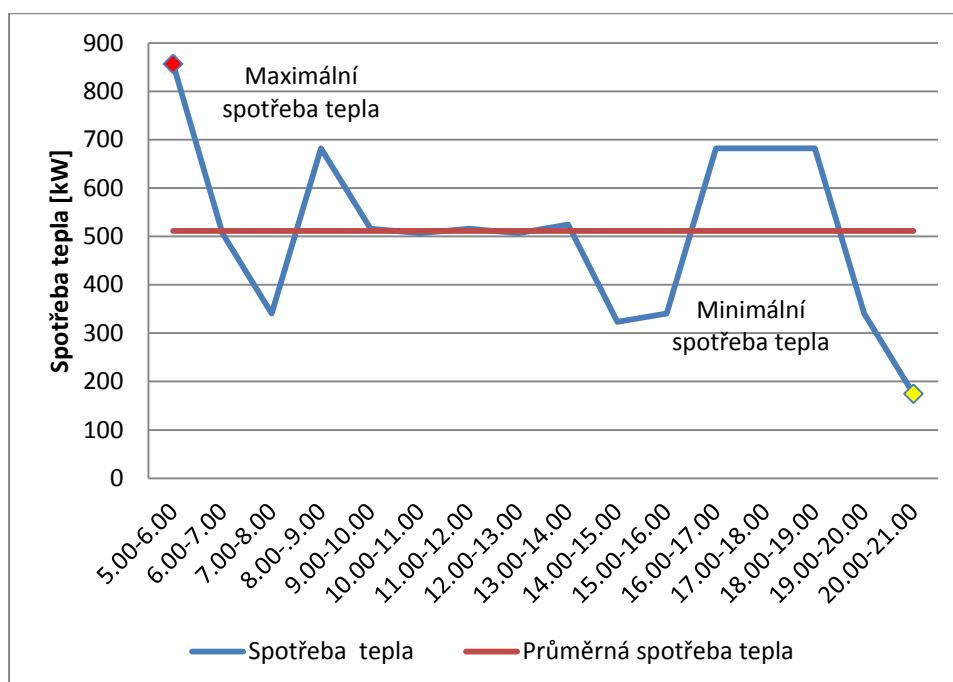
Q_{hod}	hodinová spotřeba tepla	[GJ]
Q_{ZP}	spotřeba zemního plynu v danou hodinu	[m ³]
$Q_{i,ZP}$	výhřevnost zemního plynu	[MJ/m ³]
η	účinnost stávajících kotlů	[1]

Pozn. Výhřevnost zemního plynu se liší v závislosti na jeho složení, výpočtová hodnota byla zvolena 34,2 MJ/m³. Hodnota účinnosti stávajících kotlů je 0,92.

Byla stanovena průměrná spotřeba tepla a hodnoty maximální a minimální spotřeby tepla v kW, viz následující grafy.



Graf č. 14 Průběh spotřeby tepla (pro přípravu TV) během pracovního dne



Graf č. 15 Průběh spotřeby tepla (pro přípravu TV) během nepracovního dne

4.3.2 Optimální výkon KGJ

Na základě průměrných hodinových spotřeb tepla je navržena kogenerační jednotka s elektrickým výkonem 600 kW.

Navržený výkon KGJ pokryje základní spotřebu tepla. Vzhledem ke stávajícímu stavu spotřeby tepla existuje možnost instalace jednotky s vyšším výkonem, který by znamenal

pravděpodobně návrh velkokapacitní akumulární nádoby. Toto variantní řešení není možné z důvodu maximálního povoleného rezervovaného výkonu dodávaného do distribuční sítě.

4.4 Kogenerační jednotka s pístovým spalovacím motorem

Technická specifikaci uvedena v následující kapitole vychází z literatury [7]

Pro variantu KGJ s pístovým motorem byla zvolena kogenerační jednotka Tedom Quanto D580 s elektrickým výkonem 600 kW, tepelným výkonem 693 kW sníženým o tepelný výkon technologického okruhu 39 kW. Tepelný výkon jednotky je tedy 654 kW.

Kogenerační jednotka TEDOM je technologické zařízení určená ke společné výrobě elektřiny a tepla. Jedná se o spojení spalovacího motoru, generátoru a soustavy tepelných výměníků.

Vlastní KGJ Quanto D580 je určena k instalaci do strojovny a je tvořena několika částmi. První z nich je modul motorgenerátoru obsahující soustrojí motoru s generátorem umístěné na základovém rámu a opatřené protihlukovým krytem. Další částí je technologický modul (dále TM), katalyzátor a tlumič výfuku k volné zástavbě do spalínovodu strojovny, dále volně stojící elektrické rozvaděče a plynová trasa určená k zástavbě do plynovodu. Teplovodní okruh je přizpůsoben teplotnímu spádu 90/70°C.

Tepelný výkon je tvořen dvěma nezávislými okruhy, sekundárním a technologickým. Maximální tepelný výkon KGJ je součtem tepelných výkonů obou okruhů při jejich plném využití.

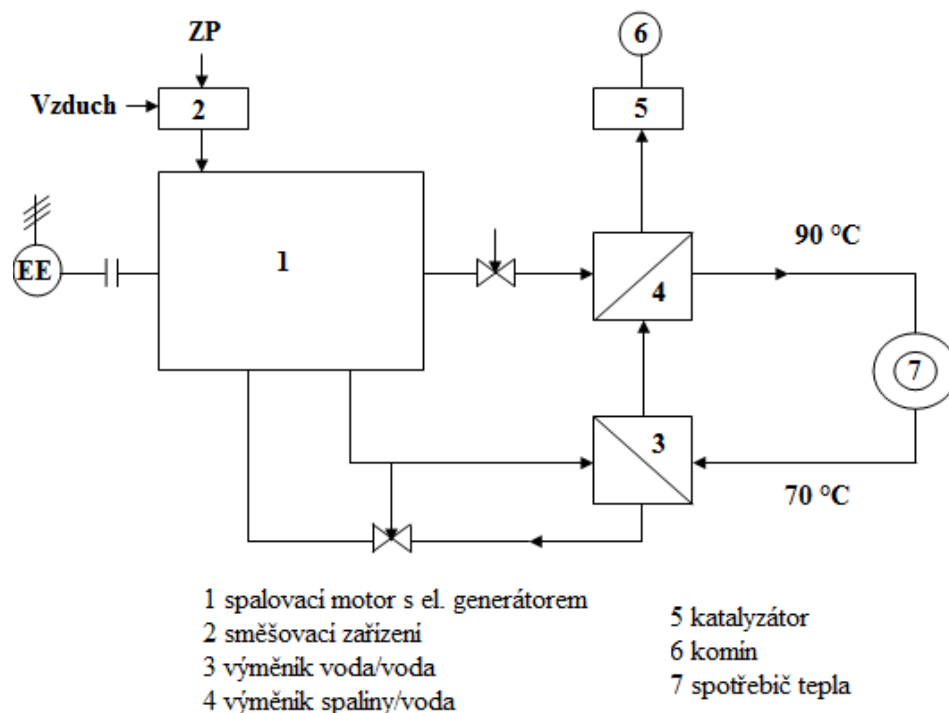
Sekundární okruh zajišťuje vyvedení hlavního tepelného výkonu jednotky (získaného částečným předchlazením plnicí směsi, chlazením vodního pláště motoru a spalin). Okruh standardně pracuje s teplotami vratné vody od 40 do 70°C. Dodržení nejvyšší teploty 70°C je nutné pro bezporuchový chod jednotky. Okruh není vybaven oběhovým čerpadlem. Okruh je osazen trojcestným ventilem se servopohonem (vč. ovládání) pro dosažení teplotní stabilizace vody vracející se do sek. okruhu.

Není-li v okrajových provozních režimech možné odvést tepelný výkon okruhu, lze tento výkon, nebo jeho část odvádět chladicí jednotkou pro nouzové chlazení, kterou je možné samostatně dodat.

Primární okruh představuje vnitřní uzavřený tlakový systém, který odebírá teplo z vodního pláště motoru a předává ho do sekundárního okruhu.

Technologický okruh představuje systém chlazení plnicí směsi. Úroveň vychlazení tohoto okruhu bezprostředně ovlivňuje dosažení základních technických parametrů jednotky. Okruh pracuje s teplotou vratné kapaliny 40°C (na vstupu do chladiče plnicí směsi spalovacího motoru). Okruh je uvnitř modulu KGJ osazen vyrovnávací tlakovou expanzí, pojistným ventilem a oběhovým čerpadlem.

Tepelný výkon technologického okruhu je určen pro využití v nízkoteplotní soustavě (přehřev TV, ohřev vody v bazénech či jiných technologiích). Není-li v okrajových provozních režimech KGJ možné odvést celý tepelný výkon jednotky, je možné na přání dodat chladicí jednotku pro nouzové chlazení části nebo celého tepelného výkonu okruhu.



Obr. č. 2 – Blokové schéma KGJ s pístovým spalovacím motorem

Pozn. Výměník voda/voda je pro technologický okruh. Slouží k vychlazení plnicí směsi. Teplonosné médium je voda a ethylenglykol (koncentrace ethylenglykolu je 35 %). Okruh pracuje s teplotou vratné vody 40 °C, teplota na výstupu je cca 43,7 °C. V tomto případě nelze s využitím tepla z technologického okruhu počítat z důvodu vyšší teploty vratné vody.



Obr. č. 3 – Kogenerační jednotka Tedom Quanto D580 [9]

Navržená jednotka má následující technické parametry:

Jednotka	Quanto D580 SP	
Elektrický výkon	600	[kW]
Max. tepelný výkon	693	[kW]
Příkon v palivu	1428	[kW]
Spotřeba paliva	151	[m ³ /h]
Tepelný výkon tech. okruhu	39	[kW]
Elektrická účinnost	42	[%]
Tepelná účinnost	48,5	[%]
Celková účinnost	90,5	[%]
Vlastní spotřeba el. energie	3,3	[%]

Tabulka č. 12 Základní technické parametry

Pozn. Hodnota celkové účinnosti je vztažena k hodnotě maximálního tepelného výkonu a maximálního elektrického výkonu (bez vlastní spotřeby). Příkon v palivu, udávaný výrobcem byl přepočítán na referenční hodnotu výhřevnosti ZP (34,2 MJ/m³), v následujících výpočtech je počítáno s hodnotou příkonu v palivu 1434,5 kW.

4.5 Provozní hodiny

Při provozu KGJ se předpokládá 100 % zatížení KGJ. Provoz KGJ je uvažován celoročně jako základní zdroj pro navazující soustavu CZT.

4.5.1 Teoretické provozní hodiny

Teoretické provozní hodiny představují počet hodin provozu KGJ za den za předpokladu, že má navržená jednotka pokrýt veškerou denní spotřebu tepla.

$$\tau_{\text{teor,den}} = \frac{Q_{\text{prum,den}}}{P_{\text{KGJ,hod}}} \quad [\text{hod/den}] \quad (5)$$

Kde jsou,

$\tau_{\text{teor,den}}$ teoretické provozní hodiny [hod/den]

$Q_{\text{prum,den}}$ průměrná spotřeba tepla za den v jednotlivých měsících [GJ/den]

$P_{\text{KGJ,hod}}$ tepelný výkon KGJ za hodinu [GJ/hod]

4.5.2 Skutečné provozní hodiny

Na základě denního průběhu spotřeby tepla a výši příspěvků k vyrobené elektrické energii (dle rozhodnutí ERÚ, viz kapitola 6.2) byly zvoleny provozní hodiny v jednotlivých měsících. Předpokládaný provoz KGJ je 8/12 hod/den. Na základě výše příspěvků je pro ekonomiku provozu nejvýhodnější dvanáctihodinový denní provoz po většinu roku, přičemž v letních měsících se výroba podřídí požadavkům na výrobu tepla a provoz bude omezen na max. 8 hodin za den. Dvanáctihodinový provoz kogenerační jednotky je navržen v měsících září až květen a osmihodinový provoz v letních měsících červen, červenec a srpen. Předpokládané časové pásmo provozu bude od 6.00 hod do 22.00 hod s možným přerušením v závislosti na celkové denní době provozu.

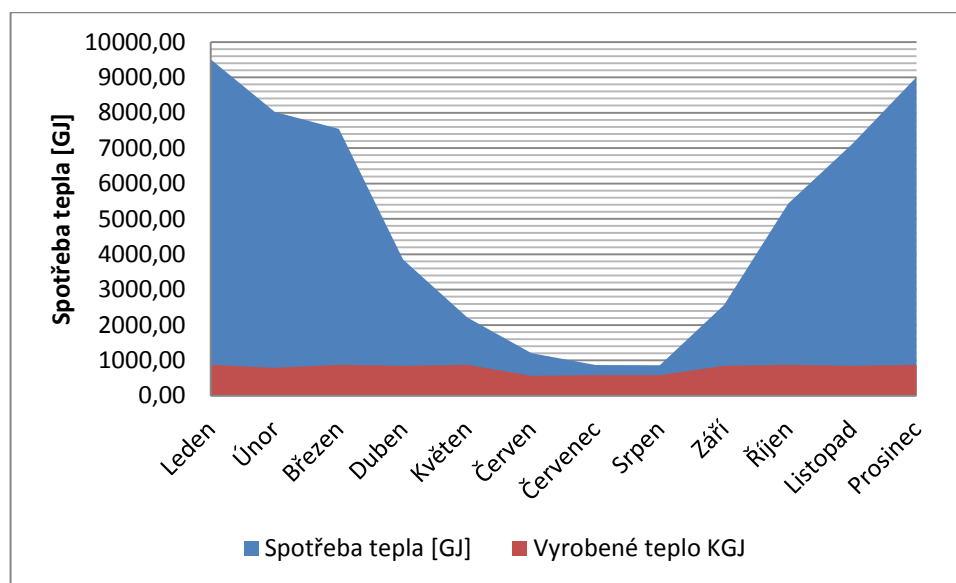
Vypočtené provozní teoretické hodiny a následné množství vyrobeného tepla KGJ na základě zvoleného provozu je uvedeno v následující tabulce

Měsíc	Spotřeba tepla [GJ]		Výkon navržené KGJ		Počet hodin v provozu		Vyrobené teplo KGJ	
	měsíční	denní	tepelný výkon		teoretické	navržené	za den	za měsíc
	[GJ/měsíc]	[GJ/den]	[kW]	[GJ/hod]	[hod/den]	[hod/den]	[GJ/den]	[GJ/měsíc]
Leden	9512,00	306,84	654,00	2,35	130,33	12,00	28,25	875,84
Únor	8024,00	286,57	654,00	2,35	121,72	12,00	28,25	791,08
Březen	7543,00	243,32	654,00	2,35	103,35	12,00	28,25	875,84
Duben	3851,00	128,37	654,00	2,35	54,52	12,00	28,25	847,58
Květen	2214,00	71,42	654,00	2,35	30,33	12,00	28,25	875,84
Červen	1206,00	40,20	654,00	2,35	17,07	8,00	18,84	565,06
Červenec	870,00	28,06	654,00	2,35	11,92	8,00	18,84	583,89
Srpen	864,00	27,87	654,00	2,35	11,84	8,00	18,84	583,89
Září	2564,00	85,47	654,00	2,35	36,30	12,00	28,25	847,58

Měsíc	Spotřeba tepla [GJ]		Výkon navržené KGJ		Počet hodin v provozu		Vyrobené teplo KGJ	
	měsíční	denní	tepelný výkon		teoretické	navržené	za den	za měsíc
	[GJ/měsíc]	[GJ/den]	[kW]	[GJ/hod]	[hod/den]	[hod/den]	[GJ/den]	[GJ/měsíc]
Říjen	5432,00	175,23	654,00	2,35	74,42	12,00	28,25	875,84
Listopad	7120,00	237,33	654,00	2,35	100,80	12,00	28,25	847,58
Prosinec	9010,00	290,65	654,00	2,35	123,45	12,00	28,25	875,84
Celkem	58 210	-	-	-	-	-	-	9 446

Tabulka č. 13 Provoz KGJ v jednotlivých měsících

Roční pokrytí spotřeby tepla, resp. zatížení KGJ je znázorněno v následujícím grafu.



Graf č. 16 Pokrytí spotřeby tepla KGJ v průběhu roku

4.6 Návrh akumulace

Aby provoz byl co nejdelší a vyrobilo se co nejvíce el. energie, jsou součástí soustavy KGJ akumulační nádrže, ve kterých se teplo, které momentálně není v soustavě CZT potřeba akumuluje a použije se v době, kdy KGJ už nejsou v provozu (nejvýhodnější je provoz o délce 8 nebo 12 hod. za den).

4.6.1 Objem zásobníku

$$V_z = \frac{Q_{zj} \cdot \tau_n}{c \cdot (t_n - t_z)} \quad [\text{m}^3] \quad (6)$$

Kde jsou,

c měrná tepelná kapacita vody = 1,163 [kWh/m³]

Q_{zj}	výpočtový tepelný výkon pro nabíjení zásobníku	[kW]
τ_n	doba nabíjení	[hod]
t_n	výpočtová teplota nabíjecí vody	[°C]
t_z	výpočtová teplota zpětné vody	[°C]

- Tepelný výkon KGJ je 654 kW.

$$V_z = \frac{654 \cdot 1}{1,163 \cdot (90 - 70)} = 28,11 \quad [\text{m}^3]$$

Ve výpočtech je počítáno s instalací akumulční nádoby o objemu 30 m³. Tato akumulční nádoba umožní provoz KGJ v době, kdy nebude dostatečný odběr tepla. V případě vybité akumulční nádoby, může kogenerační jednotka dodávat veškeré vyrobené teplo do akumulční nádoby po dobu jedné hodiny, čímž dojde k nabití akumulční nádoby a ohřevu vody o cca 19 °C. Teplo vyrobené kogenerační jednotkou bude v zimních měsících bez problémů využito.

4.6.2 Akumulace v rozvodech

V měsících červnu, červenci a srpnu bude potřeba akumulace. V těchto měsících může být potřeba větší akumulace než je 30 m³. Ovšem v tomto případě lze využít rozvody tepla, v nichž je cca 100 m³ topné vody.

Tepelný výkon akumulace

$$Q_{akum} = V_z \cdot c \cdot (t_n - t_z) \cdot \frac{3,6}{1000} \quad [\text{GJ}] \quad (7)$$

$$Q_{akum} = 100 \cdot 1,163 \cdot (90 - 65) \cdot \frac{3,6}{1000} = 10,467 \quad [\text{GJ}]$$

Doba nabíjení

$$\tau_n = \frac{Q_{akum} \cdot \frac{1000}{3,6}}{Q_{zj}} \quad [\text{hod}] \quad (8)$$

$$\tau_n = \frac{10,467 \cdot \frac{1000}{3,6}}{654} = 4,446 \quad [\text{hod}]$$

V letních měsících je teplota topné vody cca 60 až 65 °C a je možné tuto vodu ohřát např. na 90 °C, to by umožnilo akumulaci cca 10,5 GJ při teplotním spádu 25 °C, což pokryje cca 4,5 hod. provozu kogenerační jednotky.

V případě využití akumulačních schopností akumulační nádrže a rozvodů, může být KGJ provozována 5,5 hod. při nulovém odběru tepla na sídlišti. Akumulace tepla v rozvodech (zvýšení teploty topné vody) má za následek zvýšení tepelné ztráty rozvodů tepla.

4.7 Kogenerační jednotka se spalovací turbínou

Technická specifikace uvedená v následující kapitole vychází z literatury [10]

Pro variantu kogenerace se spalovací turbínou byla navržena jednotka, jejíž tepelný výkon je blízký navržené kogenerační jednotce, pracující s pístovým spalovacím motorem. Elektrický výkon jednotek je shodný, tedy 600 kW.

Byly navrženy tři spalovací mikroturbíny s elektrickým výkonem 200 kW (každá jednotka) a tepelným výkonem 245 kW (každá jednotka).

Uvedené parametry odpovídají hodnotám spalovací mikroturbíny Capstone C200.

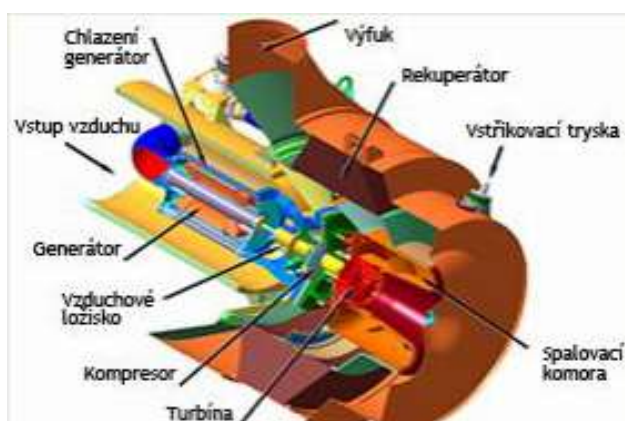


Obr. č. 4 – Spalovací mikroturbína Capstone C200 [11]

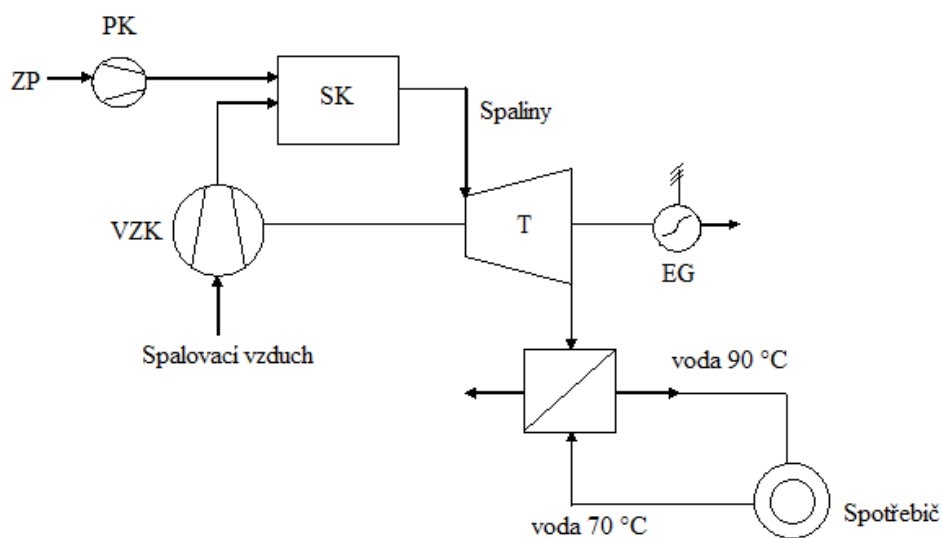
Plynová mikroturbína Capstone C200 je zařízení na výrobu el. energie a tepla. Na jedné hřídeli je kompresor spalovacího vzduchu, vlastní mikroturbína a elektrický generátor.

Palivo a vzduch je přiváděn pod tlakem do spalovací komory, tím dochází ke vzniku hořlavé směsi vzduchu a paliva. Tato směs je při startu elektronicky zapálena. Při hoření dochází k prudkému zvýšení objemu směsi, která pak expanduje přes spalovací turbínu. Při expanzi dochází k poklesu tlaku spalin a ke zvýšení jejich objemu. Spalovací turbína pak převádí tlakovou a tepelnou energii spalin, expandujících ze spalovací komory na kinetickou. Tato energie je prostřednictvím lopatek turbíny převáděna na otáčivý pohyb.

Přidáváním paliva se zvyšují otáčky a generátor pak následně vyrábí elektrickou energii. Odpadní teplo spalin je pak využito pro vytápění a přípravu TV ve výměníku spaliny/voda. Účinnost turbíny výrazně zvyšuje rekuperace ohřev vzduchu spaliny v rekuperátoru. Jedná se o výměník, využívající odpadní výfukové teplo ze spalin turbíny k ohřevu vzduchu před vstupem do spalovací komory turbíny. Mikroturbína potřebuje tlak paliva na vstupu 0,55 MPa. To je více než tlak plynu ve středotlakém rozvodu (nejvýše 0,4 MPa). Proto je nutné tlak zvýšit pomocí plynového kompresoru. Kompresor vzduchu pak stlačuje spalovací vzduch, který proudí do spalovací komory, je na stejné hřídeli s turbínou, která ho pohání. Teplovodní okruh je přizpůsoben teplotnímu spádu 90/70°C.



Obr. č. 5 – Konstrukční řešení spalovací mikroturbíny Capstone C200 [11]



Obr. č. 6 – Blokové schéma KGJ se spalovací mikroturbínou

Navržená jednotka má následující technické parametry:

Jednotka	Capstone C200	
Elektrický výkon	200	[kW]
Tepelný výkon	245	[kW]
Příkon v palivu	606	[kW]
Spotřeba paliva	63,8	[m ³ /h]
Elektrická účinnost	33	[%]
Tepelná účinnost	40,4	[%]
Celková účinnost	73,4	[%]

Tabulka č. 14 Základní technické parametry

Spotřeba paliva, elektrická, tepelná a celková účinnost byla přepočtena pro hodnotu výhřevnosti zemního plynu 34,2 MJ/m³ na základě údajů o základních technických parametrech spalovací mikroturbíny dostupných na internetových stránkách společnosti GASCONTROL, s.r.o. .

4.8 Provozní hodiny

Při provozu KGJ se předpokládá 100 % zatížení KGJ. Provoz KGJ je uvažován celoročně jako základní zdroj pro navazující soustavu CZT. Postup návrhu hodin je shodný s KGJ s pístovým spalovacím motorem, výpočet je uvedený v kapitole 4.5.

4.8.1 Teoretické provozní hodiny

Teoretické provozní hodiny představují počet hodin provozu KGJ za den za předpokladu, že má navržená jednotka pokrýt veškerou denní spotřebu tepla.

4.8.2 Skutečné provozní hodiny

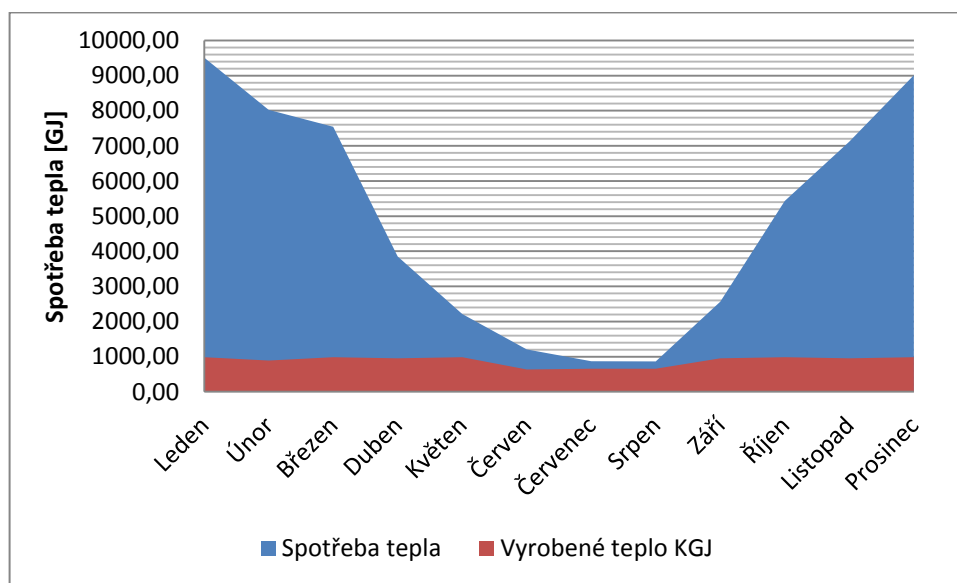
Provozní hodiny v jednotlivých měsících jsou shodné s návrhem ve variantě s pístovým spalovacím motorem, viz kapitola 4.5.2.

Vypočtené provozní teoretické hodiny a následné množství vyrobeného tepla KGJ na základě zvoleného provozu je uvedeno v následující tabulce.

Měsíc	Spotřeba tepla [GJ]		Výkon navržené KGJ		Počet hodin v provozu		Vyrobené teplo KGJ	
	měsíční	denní	tepelný výkon		teoretické	navržené	za den	za měsíc
	[GJ/měsíc]	[GJ/den]	[kW]	[GJ/hod]	[hod/den]	[hod/den]	[GJ/den]	[GJ/měsíc]
Leden	9512,00	306,84	735,00	2,65	115,96	12,00	31,75	984,31
Únor	8024,00	286,57	735,00	2,65	108,30	12,00	31,75	889,06
Březen	7543,00	243,32	735,00	2,65	91,96	12,00	31,75	984,31
Duben	3851,00	128,37	735,00	2,65	48,51	12,00	31,75	952,56
Květen	2214,00	71,42	735,00	2,65	26,99	12,00	31,75	984,31
Červen	1206,00	40,20	735,00	2,65	15,19	8,00	21,17	635,04
Červenec	870,00	28,06	735,00	2,65	10,61	8,00	21,17	656,21
Srpen	864,00	27,87	735,00	2,65	10,53	8,00	21,17	656,21
Září	2564,00	85,47	735,00	2,65	32,30	12,00	31,75	952,56
Říjen	5432,00	175,23	735,00	2,65	66,22	12,00	31,75	984,31
Listopad	7120,00	237,33	735,00	2,65	89,70	12,00	31,75	952,56
Prosinec	9010,00	290,65	735,00	2,65	109,84	12,00	31,75	984,31
Celkem	58 210	-	-	-	-	-	-	10 616

Tabulka č. 15 Provoz spalovací mikroturbíny v jednotlivých měsících

Roční pokrytí spotřeby tepla, resp. zatížení KGJ je znázorněno v následujícím grafu.



Graf č. 17 Pokrytí spotřeby tepla KGJ v průběhu roku

4.9 Návrh akumulace

Návrh akumulace je shodný s postupem u varianty KGJ s pístovým spalovacím motorem. Návrh vychází z rovnic uvedených v kapitole 4.6.

4.9.1 Objem zásobníku

$$V_z = \frac{735 \cdot 1}{1,163 \cdot (90 - 70)} = 31,60 \quad [\text{m}^3]$$

Ve výpočtech je počítáno s instalací akumulční nádoby o objemu 32 m³. Tato akumulční nádoba umožní provoz KGJ v době, kdy nebude dostatečný odběr tepla. V případě vybité akumulční nádoby, může kogenerační jednotka dodávat veškeré vyrobené teplo do akumulční nádoby po dobu jedné hodiny, čímž dojde k nabití akumulční nádoby a ohřevu vody o cca 20 °C. Teplo vyrobené kogenerační jednotkou bude v zimních měsících bez problémů využito.

4.9.2 Akumulace v rozvodech

Je shodná s předchozí variantou KGJ s pístovým spalovacím motorem, liší se pouze v době nabíjení, protože jednotka se spalovací mikroturbínou pracuje s větším tepelným výkonem.

Doba nabíjení

Postup výpočtu je shodný s postupem uvedeným v předchozí kapitole.

$$\tau_n = \frac{10,467 \cdot \frac{1000}{3,6}}{735} = 3,956 \quad [\text{hod}]$$

V letních měsících je teplota topné vody cca 60 až 65 °C a je možné tuto vodu ohřát např. na 90 °C, to by umožnilo akumulaci cca 10,5 GJ při teplotním spádu 25 °C, což pokryje cca 4 hod. provozu kogenerační jednotky.

V případě využití akumulčních schopností akumulční nádrže a rozvodů, může být KGJ provozována 5 hod. při nulovém odběru tepla na sídlišti. Akumulace tepla v rozvodech (zvýšení teploty topné vody) má za následek zvýšení tepelné ztráty rozvodů tepla.

5 Bilanční energetické výpočty

Na základě navrženého provozu kogenerační jednotky byly stanoveny energetické bilance pro jednotlivé varianty.

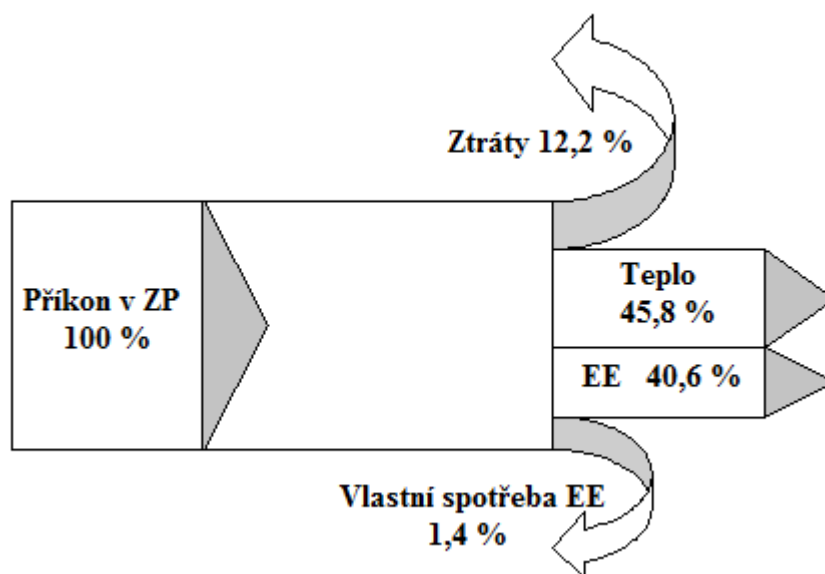
5.1 Energetická bilance KGJ s pístovým spalovacím motorem

Parametry kotelny po instalaci KGJ jsou uvedeny v následující tabulce. Dojde k navýšení celkového instalovaného výkonu.

Zdroj	Instalovaný tepelný výkon	Instalovaný elektrický výkon
	[MW]	[MW]
K1	4,000	0,000
K2	5,500	0,000
K3	8,000	0,000
KGJ	0,654	0,600
Celkem	18,154	0,600

Tabulka č. 16 Parametry kotelny s nově navrženým zdrojem

Navržená kogenerační jednotka bude dodávat tepelnou energii do stávající teplárenské sítě a elektrickou energii bude prodávat do el. sítě. Část elektrické energie bude využito pro vlastní spotřebu kotelny. Palivem KGJ bude zemní plyn. Procentuální využití paliva v jednotlivých energetických tocích je znázorněné v Sankeyově diagramu, viz obr. č. 7.



Obr. č. 7 – Sankeyův diagram toků energií

Energetická bilance zahrnuje pokrytí potřeby tepla KGJ, vyrobené teplo stávajícím zdrojem, vyrobené množství elektrické energie na základě elektrického výkonu jednotky a počtu provozních hodin a celkový palivový příkon. Bilanční výpočty jsou uvedeny v následující tabulce.

Měsíc	Provozní hodiny KGJ		Potřeba tepla	Výroba tepla z KGJ	Teplo - jiný zdroj	Výroba EE v KGJ	Příkon v ZP
	[hod/den]	[hod]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[MWh]	[MWh]
Leden	12,00	372,00	9 512,00	875,84	8 636,16	215,76	533,63
Únor	12,00	336,00	8 024,00	791,08	7 232,92	194,88	481,99
Březen	12,00	372,00	7 543,00	875,84	6 667,16	215,76	533,63
Duben	12,00	360,00	3 851,00	847,58	3 003,42	208,80	516,42
Květen	12,00	372,00	2 214,00	875,84	1 338,16	215,76	533,63
Červen	8,00	240,00	1 206,00	565,06	640,94	139,20	344,28
Červenec	8,00	248,00	870,00	583,89	286,11	143,84	355,76
Srpen	8,00	248,00	864,00	583,89	280,11	143,84	355,76
Září	12,00	360,00	2 564,00	847,58	1 716,42	208,80	516,42
Říjen	12,00	372,00	5 432,00	875,84	4 556,16	215,76	533,63
Listopad	12,00	360,00	7 120,00	847,58	6 272,42	208,80	516,42
Prosinec	12,00	372,00	9 010,00	875,84	8 134,16	215,76	533,63
Celkem	-	4 012,00	58 210,00	9 445,85	48 764,15	2 326,96	5 755,21

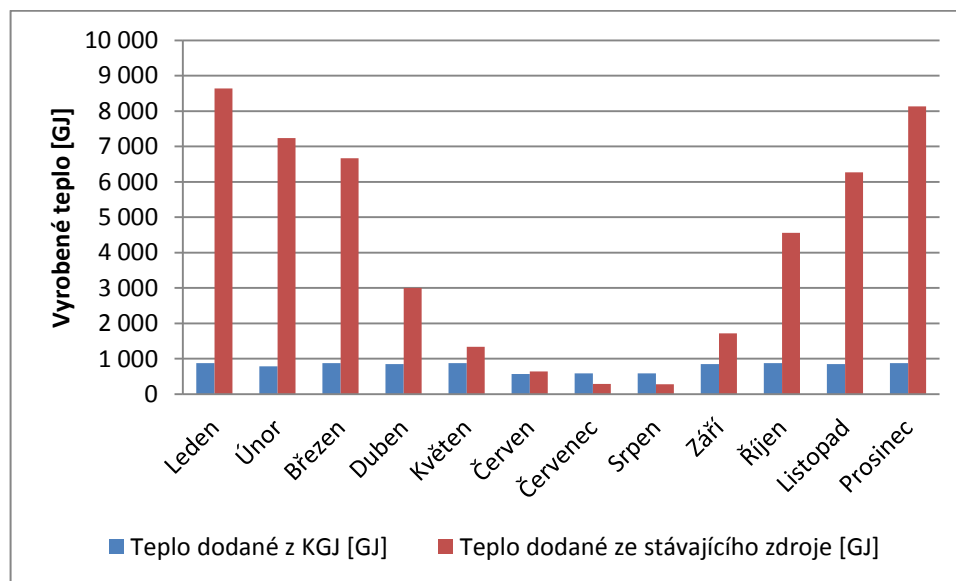
Tabulka č. 17 Roční provoz a výroba tepla a EE navržené KGJ s pístovým spalovacím motorem

Navržená KGJ pokryje celkovou výrobu tepla 16,2 % zbylé teplo musí být dodáno stávajícím zdrojem, viz níže uvedená tabulka a grafy.

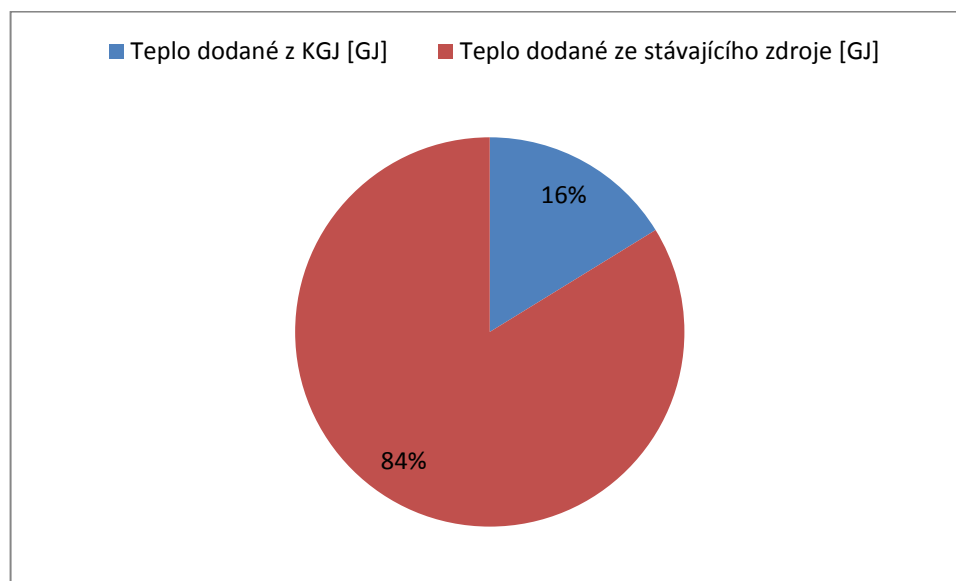
Měsíc	Stávající výroba tepla	Teplo dodané z KGJ	Teplo dodané ze stávajícího zdroje
	[GJ]	[GJ]	[GJ]
Leden	9 512	876	8 636
Únor	8 024	791	7 233
Březen	7 543	876	6 667
Duben	3 851	848	3 003
Květen	2 214	876	1 338
Červen	1 206	565	641
Červenec	870	584	286
Srpen	864	584	280
Září	2 564	848	1 716
Říjen	5 432	876	4 556
Listopad	7 120	848	6 272

Měsíc	Stávající výroba tepla	Teplo dodané z KGJ	Teplo dodané ze stávajícího zdroje
	[GJ]	[GJ]	[GJ]
Prosinec	9 010	876	8 134
Celkem	58 210	9 446	48 764
Poměr	100,0%	16,2%	83,8%

Tabulka č. 18 Výroba tepla v KGJ s pístovým spalovacím motorem a vlastními zdroji



Graf č. 18 Výroba tepla v kotelně s navrženou KGJ



Graf č. 19 Podíl KGJ na celkové spotřebě tepla

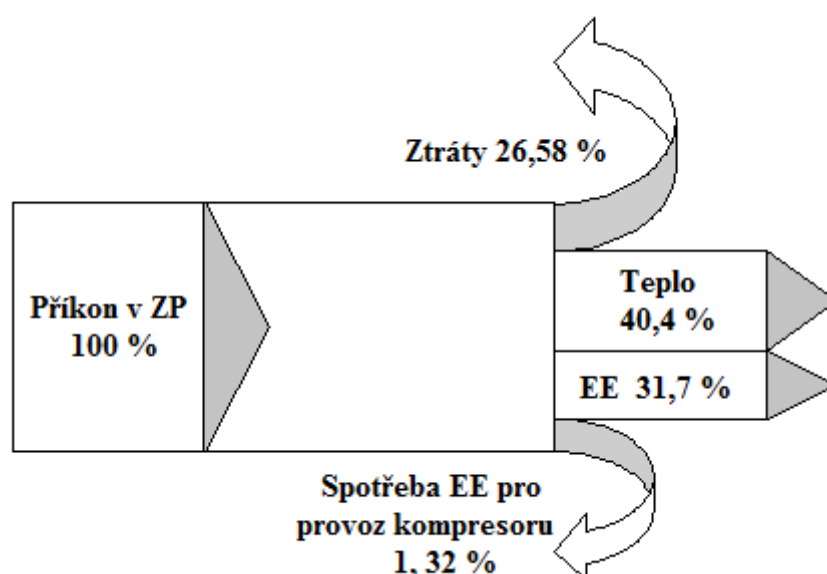
5.2 Energetická bilance KGJ se spalovací mikroturbínou

Parametry kotelny po instalaci KGJ jsou uvedeny v následující tabulce. Dojde k navýšení celkového instalovaného výkonu.

Zdroj	Instalovaný tepelný výkon	Instalovaný elektrický výkon
	[MW]	[MW]
K1	4,000	0,000
K2	5,500	0,000
K3	8,000	0,000
KGJ	0,735	0,600
Celkem	18,235	0,600

Tabulka č. 19 Parametry kotelny s nově navrženým zdrojem

Navržená kogenerační jednotka bude dodávat tepelnou energii do stávající teplárenské sítě a elektrickou energii bude prodávat do el. sítě. Část elektrické energie bude využito pro vlastní spotřebu kotelny. Palivem KGJ bude zemní plyn. Procentuální využití paliva v jednotlivých energetických tocích je znázorněné v Sankeyově diagramu, viz obr. č. 8.



Obr. č. 8 – Sankeyův diagram toků energií

Energetická bilance zahrnuje pokrytí potřeby tepla KGJ, vyrobené teplo stávajícím zdrojem, vyrobené množství elektrické energie na základě elektrického výkonu jednotky a počtu provozních hodin a celkový palivový příkon. Bilanční výpočty jsou uvedeny v následující tabulce.

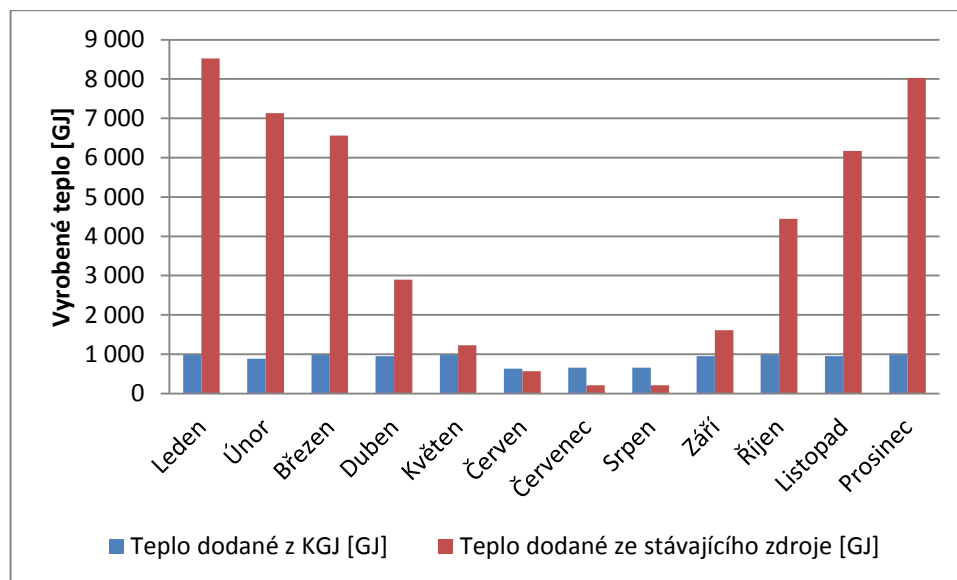
Měsíc	Provozní hodiny KGJ		Potřeba tepla	Výroba tepla z KGJ	Teplo - jiný zdroj	Výroba EE v KGJ	Příkon v ZP
	[hod/den]	[hod]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[MWh]	[MWh]
Leden	12,00	372,00	9 512,00	984,31	8 527,69	214,27	676,30
Únor	12,00	336,00	8 024,00	889,06	7 134,94	193,54	610,85
Březen	12,00	372,00	7 543,00	984,31	6 558,69	214,27	676,30
Duben	12,00	360,00	3 851,00	952,56	2 898,44	207,36	654,48
Květen	12,00	372,00	2 214,00	984,31	1 229,69	214,27	676,30
Červen	8,00	240,00	1 206,00	635,04	570,96	138,24	436,32
Červenec	8,00	248,00	870,00	656,21	213,79	142,85	450,86
Srpen	8,00	248,00	864,00	656,21	207,79	142,85	450,86
Září	12,00	360,00	2 564,00	952,56	1 611,44	207,36	654,48
Říjen	12,00	372,00	5 432,00	984,31	4 447,69	214,27	676,30
Listopad	12,00	360,00	7 120,00	952,56	6 167,44	207,36	654,48
Prosinec	12,00	372,00	9 010,00	984,31	8 025,69	214,27	676,30
Celkem	-	4 012,00	58 210,00	10 615,75	47 594,25	2 310,91	7 293,82

Tabulka č. 20 Roční provoz a výroba tepla a EE navržené KGJ se spalovací mikroturbínou

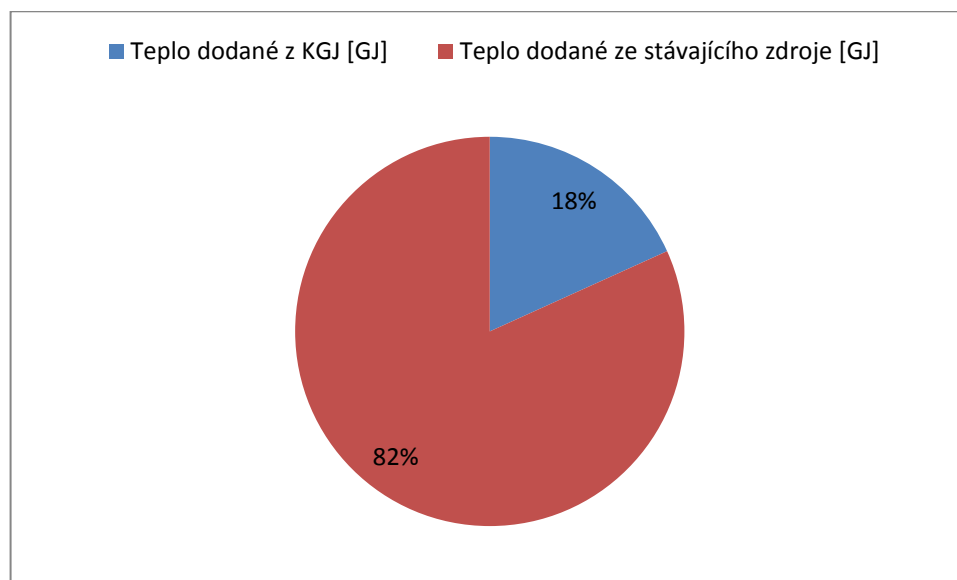
Navržená KGJ pokryje celkovou výrobu tepla 18,2 % zbylé teplo musí být dodáno stávajícím zdrojem, viz níže uvedená tabulka a grafy

Měsíc	Stávající výroba tepla	Teplo dodané z KGJ	Teplo dodané ze stávajícího zdroje
	[GJ]	[GJ]	[GJ]
Leden	9 512	984	8 528
Únor	8 024	889	7 135
Březen	7 543	984	6 559
Duben	3 851	953	2 898
Květen	2 214	984	1 230
Červen	1 206	635	571
Červenec	870	656	214
Srpen	864	656	208
Září	2 564	953	1 611
Říjen	5 432	984	4 448
Listopad	7 120	953	6 167
Prosinec	9 010	984	8 026
Celkem	58 210	10 616	47 594
Poměr	100,0%	18,2%	81,8%

Tabulka č. 21 Výroba tepla v KGJ se spalovací mikroturbínou a vlastními zdroji



Graf č. 20 Výroba tepla v kotelně s navrženou KGJ



Graf č. 21 Podíl KGJ na celkové spotřebě tepla

6 Stanovení investičních a provozních nákladů

Na základě návrhu a provozu KGJ v jednotlivých variantách byly vyhodnoceny investiční a provozní náklady.

6.1 Investiční náklady

Investiční náklady jsou náklady, které musí investor vynaložit na pořízení nového zařízení. V případě návrhu KGJ se investiční náklady dělí na tři kategorie.

Technologická část provozních nákladů představuje, v případě KGJ s pístovým spalovacím motorem, cenu pořizované kogenerační jednotky, náklady na tlumič sání, tlumič výfuku, plynové vystrojení a elektrické rozvaděče, potrubí, vyvedení teplovodního okruhu, měření a regulaci.

Technologická část provozních nákladů, v případě spalovací mikroturbíny, představuje cenu pořizované kogenerační jednotky, náklady na tepelný výměník, řídicí rozvaděč, přenos dat a dálkové řízení, kompresor pro zvyšování tlaku a kontinuální přívod plynu (požadavek na vstupní plyn je 0,55 MPa).

Stavební část investičních nákladů zahrnuje náklady na přípojku ZP, stavební úpravy, výstavbu komína a pořízení akumulární nádoby, stavební úpravy pro sání vzduchu a vývod zplodin.

Do kategorie ostatní jsou zařazeny náklady na projektovou dokumentaci. Souhrn investičních nákladů pro obě varianty je uveden v následující tabulce.

Investiční náklady	Var 1	Var 2
	[tis. Kč]	
Technologická část	12 800	17 600
Stavební část	1 900	1900
Ostatní	700	700
Investiční náklady celkem	15 400	20 200

Tabulka č. 22 Investiční náklady pro jednotlivé varianty

Pozn. Investiční náklady na komín, přípojku ZP, stavební úpravy apod. jsou pouze orientační (včetně rezervy).

6.2 Provozní náklady a příjmy

Provozní náklady jsou celkové náklady na zajištění provozu navržené kogenerační jednotky v průběhu roku. Zahrnují náklady na palivo, náklady na údržbu, poplatky za regulované služby dle cenového rozhodnutí ERÚ (OZE, SYS, OTE), pojištění a náklady na revizi a měření.

Provozní příjmy zahrnují zisky z provozu navržené kogenerační jednotky v průběhu roku. V provozních příjmech jsou skryty příjmy z prodeje elektrické energie, z příspěvků k vyrobené elektrické energii (KVET) a příjmy z prodaného tepla.

Při stanovení provozních nákladů a příjmů vycházíme z hodnot uvedených v následujících tabulkách.

Výroba elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla	Výše příspěvku k ceně elektřiny v [Kč/MWh]		
	Základní pásmo (24 hodin)	VT 8 hodin	VT 12 hodin
Výroba s instalovaným výkonem do 1 MW včetně, s výjimkou výroby využívající obnovitelné zdroje energie nebo spalující degazační plyn	590	1630	1150

Tabulka č. 23 Cenové rozhodnutí dle ERU pro elektrickou energii vyrobenou z KVET (ze dne 23. 11. 2011) [8]

Regulované služby	[Kč/MWh]
OZE	419,22
SYS	144,00
OTE	6,75

Tabulka č. 24 Cenové rozhodnutí dle ERU, kterým se stanovují ceny regulovaných služeb souvisejících s dodávkou elektřiny (ze dne 21. 11. 2011) [12]

Pozn. OZE je cena na podporu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a kombinované výroby elektřiny a tepla, SYS je cena za systémové služby a OTE je cena za činnost zúčtování Operátora trhu s elektřinou, a.s.

Výpočtové sazby	Var 1	Var 2	Jednotka
Cena zemní plyn	959	959	[Kč/MWh]
Náklady na údržbu KGJ	290	30	[Kč/MWh]
Pojištění	0,12	0,12	[% z inv.nákladů]
Cena elektřiny	1400	1400	[Kč/MWh]
Cena tepla	450	450	[Kč/GJ]

Tabulka č. 25 Výpočtové sazby

V následující tabulce jsou shrnuty provozní náklady a příjmy pro obě varianty. Rozdíl mezi provozními náklady a příjmy je hospodářský výsledek, dle kterého je zřejmé, že varianta 2 je ekonomický méně výhodná.

Provozní náklady a příjmy	Var 1	Var 2
	[tis. Kč/rok]	
Provozní náklady		
Náklady na palivo	5 518,9	6 994,4
Náklady na údržbu	698,1	72,2
Náklady na poplatky z výroby EE	1 372,0	1 372,0
Pojištění	18,5	24,2
Náklady na mzdy	50,0	50,0
Náklady na revize, měření apod.	20,0	20,0
Provozní náklady celkem	7 677,5	8 532,9
Provozní příjmy		
Příjmy z prodané EE	3 257,7	3 235,3
Příjmy z příspěvku k vyrobené elektřině	2 880,9	2 861,0
Příjmy z prodaného tepla	4 250,6	4 777,1
Provozní příjmy celkem	10 389,3	10 873,4
Hospodářský výsledek	2 711,7	2 340,5

Tabulka č. 26 Provozní náklady a příjmy pro jednotlivé varianty

7 Environmentální vyhodnocení navržených řešení

Navržené varianty byly porovnány z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. Palivová základna se nemění, spalovací zařízení pracují na zemní plyn. Množství emisí bylo vypočteno na základě znalostí spotřeb zemního plynu a emisních faktorů, které jsou v souladu se zákonem 352/2002 Sb.

7.1 Kategorizace zdroje

Kategorizace zdroje byla provedena v souladu se zákonem č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší.

V tomto případě platí, že jsou zdroje umístěny ve stejném provozním celku. Spaliny KGJ na zemní plyn budou sice do ovzduší vypouštěny samostatným komínem, avšak s ohledem na uspořádání a druh používaného paliva by mohly být vypouštěny společným komínem.

Jmenovitý výkon kotelny se tak stanoví součtem všech spalovacích zdrojů. Dle následující tabulky je zřejmé, že kotelna se ve všech variantách (stávající stav a kotelna s navrženou KGJ) řadí do velkých spalovacích zdrojů (jmenovitý tepelný výkon je vyšší jak 5 MW a zároveň je nižší jak 50 MW, viz následující tabulka.

Varianta	Instalovaný tepelný výkon	Instalovaný elektrický výkon
	[MW]	[MW]
Stávající stav	17,500	0,000
Varianta 1	18,154	0,600
Varianta 2	18,235	0,600

Tabulka č. 27 Instalovaný tepelný výkon kotelny

7.2 Stávající stav

Ve stávající výtopně jsou v současnosti v provozu 3 kotle K1, K2, K3.

Zdroj	Výroba tepla	
	[GJ/rok]	[%]
K1	2 348	4
K2	12 508	21
K3	43 354	74
Celkem	58 210	100

Tabulka č. 28 Rozložení výroby tepla ve stávající výtopně

Palivem je zemní plyn. Pro stanovení množství emisí se vychází z provozního zatížení, z výkonových parametrů a účinností jednotlivých spalovacích zařízení. Na základě známé výroby tepla jednotlivých zdrojů, účinnosti těchto zařízení a výhřevnosti zemního plynu (34,2 MJ/m³) byla vypočtena spotřeba paliva.

$$Q_{ZP, Ki} = \frac{Q_{Ki} \cdot 1000}{Q_{i, ZP} \cdot \eta_{Ki}} \quad [\text{m}^3/\text{rok}] \quad (9)$$

Kde jsou,

$Q_{ZP, Ki}$ spotřeba zemního plynu pro jednotlivá spalovací zařízení [m³/rok]

Q_{Ki} výroba tepla jednotlivými zdroji (K1, K2, K3) [GJ]

η_{Ki} účinnost jednotlivých zdrojů [1]

V tabulce č. 29 je uveden podíl jednotlivých kotlů na výrobě tepla ve stávající výtopně. Zhodnocení vlivu současných spalovacích zdrojů na životní prostředí obsahuje tabulka č. 30.

Zdroj	Výroba tepla	Spotřeba plynu
	[GJ/rok]	[m ³ /rok]
K1	2 348	75 445
K2	12 508	393 259
K3	43 354	1 224 793
Celkem	58 210	1 693 497

Tabulka č. 29 Provozní bilance ve stávající výtopně

Stávající stav	K1	K2	K3	Celkem
	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]
Spotřeba energie	2 348	12 508	43 354	58 210,0
Příkon v palivu	2 580	13 449	41 888	57 917,6
Znečišťující látka	[t/r]	[t/r]	[t/r]	[t/r]
TZL	0,002	0,008	0,024	0,034
SO ₂	0,001	0,004	0,012	0,016
NO _x	0,145	1,298	4,042	5,484
CO	0,024	0,106	0,331	0,461
VOC	0,005	0,009	0,029	0,044
CO ₂	144,750	754,515	2 349,912	3 249,178

Tabulka č. 30 Environmentální vyhodnocení stávajícího stavu

7.3 Stav po instalaci KGJ – Varianta 1

Ve stávajícím stavu bylo vyrobeno určité množství tepelné energie. Předpokládá se, že tepelná energie stejné velikosti bude zapotřebí také po instalaci kogenerační jednotky. Ve stávajícím stavu se o výrobu tepla starají stávající kotle K1, K2 a K3, kdy daleko nejvíce vytížený je kotel K3. Kotle K1 a K2 slouží pro pokrytí odběrových špiček. Po instalaci KGJ se předpokládá, že celková výroba tepla na kotli K3 bude přibližně stejná, jako je tomu ve stávajícím stavu. KGJ vyrobí množství tepla. O tento podíl tepelné energie poklesne výroba tepla na kotlích K1 a K2.

KGJ nahradí část vyrobeného tepla z kotlů K1 a K2, zároveň spotřebuje zemní plyn a dodá elektrickou energii do sítě, čímž ušetří emise vznikající při výrobě daného množství elektrické energie z elektrárny. Jednotlivé výpočty jsou obsaženy v následujících tabulkách.

Zdroj	Výroba tepla	
	[GJ/rok]	[%]
K1 nebo K2	5 410	9
K3	43 354	74
KGJ	9 446	16
Celkem	58 210	100

Tabulka č. 31 Rozložení výroby tepla po instalaci KGJ – Varianta 1

Zdroj	Výroba tepla	Spotřeba plynu
	[GJ/rok]	[m ³ /rok]
K1 nebo K2	5 410	171 943
K3	43 354	1 224 793
KGJ	9 446	605 812
Celkem	58 210	2 002 548

Tabulka č. 32 Provozní bilance po instalaci KGJ – Varianta 1

Var 1	K1 nebo K2	K3	KGJ	Spotřeba EE	Celkem
	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]
Spotřeba energie	5 410	43 354	9 446	-8 377	58 209,9
Příkon v palivu	5 880	41 888	20 719	-25 903	68 487,1
Znečišťující látka	[t/r]	[t/r]	[t/r]	[t/r]	[t/r]
TZL	0,003	0,024	0,012	-0,217	-0,177
SO₂	0,002	0,012	0,006	-4,100	-4,081
NO_x	0,567	4,042	1,163	-3,482	2,290
CO	0,046	0,331	0,194	-0,329	0,242
VOC	0,004	0,029	0,039	-0,259	-0,187
CO₂	329,892	2 349,912	1 162,323	-2 722,543	1 119,585

Tabulka č. 33 Environmentální vyhodnocení – Varianta 1

Pozn. Elektrická energie vyrobená KGJ nahradí elektrickou energii, která by byla vyrobena ve stávajícím zdroji. Předpokládá se, že stávajícím zdrojem je uhelná elektrárna. Instalace KGJ tak sníží emise, které by byly při její výrobě vyprodukovány elektrárnou.

Var 1	Stávající stav	Po realizaci varianty	Úspora
Znečišťující látka	[t/r]	[t/r]	[t/r]
TZL	0,034	-0,177	0,211
SO₂	0,016	-4,081	4,097
NO_x	5,484	2,290	3,194
CO	0,461	0,242	0,219
VOC	0,044	-0,187	0,230
CO₂	3 249,178	1 119,585	2 129,593

Tabulka č. 34 Úspora emisí – Varianta 1

7.4 Stav po instalaci KGJ – Varianta 2

Předpokládá se stejný provoz jako u varianty 1. Po instalaci KGJ se předpokládá, že celková výroba tepla na kotli K3 bude přibližně stejná, jako je tomu ve stávajícím stavu. KGJ vyrobí množství tepla. O tento podíl tepelné energie poklesne výroba tepla na kotlích K1 a K2.

KGJ nahradí část vyrobeného tepla z kotlů K1 a K2, zároveň spotřebuje zemní plyn a dodá elektrickou energii do sítě, čímž ušetří emise vznikající při výrobě daného množství elektrické energie z elektrárny. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Zdroj	Výroba tepla	
	[GJ/rok]	[%]
K1 nebo K2	4 240	7
K3	43 354	74
KGJ	10 616	18
Celkem	58 210	100

Tabulka č. 35 Rozložení výroby tepla po instalaci KGJ – Varianta 2

Zdroj	Výroba tepla	Spotřeba plynu
	[GJ/rok]	[m ³ /rok]
K1 nebo K2	4 240	134 765
K3	43 354	1 224 793
KGJ	10 616	767 897
Celkem	58 210	2 127 455

Tabulka č. 36 Provozní bilance po instalaci KGJ – Varianta 2

Var 2	K1 nebo K2	K3	KGJ	Spotřeba EE	Celkem
	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[GJ/rok]
Spotřeba energie	4 240	43 354	10 616	-8 319	58 210,0
Příkon v palivu	4 609	41 888	26 262	-25 724	72 759,0
Znečišťující látka	[t/r]	[t/r]	[t/r]	[t/r]	[t/r]
TZL	0,003	0,024	0,015	-0,215	-0,173
SO₂	0,001	0,012	0,007	-4,071	-4,051
NO_x	0,445	4,042	1,474	-3,458	2,503
CO	0,036	0,331	0,246	-0,327	0,286
VOC	0,003	0,029	0,049	-0,257	-0,175
CO₂	258,563	2 349,912	1 473,302	-2 703,767	1 378,011

Tabulka č. 37 Environmentální vyhodnocení – Varianta 2

Pozn. Elektrická energie vyrobená KGJ nahradí elektrickou energii, která by byla vyrobena ve stávajícím zdroji. Předpokládá se, že stávajícím zdrojem je uhelná elektrárna. Instalace KGJ tak sníží emise, které by byly při její výrobě vyprodukovány elektrárnou.

Var 2	Stávající stav	Po realizaci varianty	Úspora
Znečišťující látka	[t/r]	[t/r]	[t/r]
TZL	0,034	-0,173	0,207
SO ₂	0,016	-4,051	4,067
NO _x	5,484	2,503	2,982
CO	0,461	0,286	0,175
VOC	0,044	-0,175	0,219
CO ₂	3 249,178	1 378,011	1 871,167

Tabulka č. 38 Úspora emisí – Varianta 2

7.5 Zhodnocení navržených variant

Na základě tabulky č. 39 je zřejmé, že vyšší úspora emisí bude po instalaci KGJ s pístovým spalovacím motorem. KGJ se spalovací mikroturbínou má vyšší spotřebu paliva a zároveň vyrobí méně elektrické energie, to je dáno větší vlastní spotřebou, která je nutná pro provoz kompresoru. I když dojde k vyšší spotřebě zemního plynu, tak v konečném důsledku obě navržené varianty způsobí pokles snížení zátěže životního prostředí emisemi škodlivých látek. Kromě tepla, bude totiž kotelná dodávat do sítě i elektřinu. Z lokálního pohledu sice tedy kogenerační jednotky zatěžují životní prostředí, avšak ve srovnání se spalováním méně ušlechtilých paliv v elektrárnách je množství škodlivých látek výrazně nižší.

Znečišťující látka	Úspora Var 1	Úspora Var 2
	[t/r]	[t/r]
TZL	0,211	0,207
SO ₂	4,097	4,067
NO _x	3,194	2,982
CO	0,219	0,175
VOC	0,230	0,219
CO ₂	2 129,593	1 871,167

Tabulka č. 39 Zhodnocení navržených variant

8 Ekonomické vyhodnocení

Cílem ekonomické analýzy je zjistit vhodnost realizace jednotlivých opatření z ekonomického hlediska. Ekonomická analýza byla provedena na základě několika kritérií, z nichž nejdůležitější jsou čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento v podobě diskontovaného toku hotovosti za dobu životnosti opatření. Důležitým hodnotícím faktorem může být také finanční úspora na konci hodnotícího období.

8.1 Základní vstupní údaje

Při zpracování ekonomické analýzy jsou základními vstupními údaji na jedné straně příjmové položky (v podobě tržeb popř. úspor) a na druhé straně výdajové položky (v podobě provozních nákladů).

Vstupní údaje pro ekonomickou analýzu se opírají o následující fakta:

- Výše provozních nákladů v jednotlivých opatřeních byla stanovena na základě znalosti stávajícího stavu a stávajících cenových hladin energií, na základě provozní evidence.
- Technologické celky v jednotlivých opatřeních byly převážně naceněny dle reálných cenových nabídek výrobců a prodejců zařízení.
- Stavební úpravy a dodatečné náklady na realizaci jednotlivých opatření byly stanoveny odhadem.
- Výše úspor (příjmů) byly stanoveny na základě propočtů provozu energetických zařízení.
- Jako základ pro výpočet úspor sloužil současný stav a příslušné provozní výdaje, tak jak je uvedeno v energetických bilancích jednotlivých variant v předešlé kapitole.

8.2 Ostatní vstupní údaje

V ekonomické analýze je nutné zohlednit následující doplňkové vstupní údaje:

- diskontní míra
- doba porovnání (životnosti) opatření
- cenový vývoj
- odpisy
- financování

Diskontní míra

Pro stanovení současné hodnoty budoucích peněžních toků (příjmů a výdajů) se obvykle pracuje s jejich převodem na současnou hodnotu. Volba správné diskontní míry a diskontního faktoru je přitom klíčový prostředek, který daný převod umožňuje. Tento matematický aparát pak umožňuje pracovat s peněžními toky, které jsou opatřením vyvolány a to v různých časových obdobích. Pro výpočet diskontního faktoru je nejvhodnější použít některý z tržních modelů, které jsou založeny na tržních datech bez subjektivního vlivu oceňovatele.

Pro výpočet diskontního faktoru byl v rámci ekonomické analýzy použit model CAPM (model oceňování kapitálových aktiv), jež umožňuje stanovit diskontní míru (a tedy minimální požadovaný výnos z investice) pro danou úroveň tržního rizika.

Diskontní faktor je zvolen:

- Varianta 1, 2 – 3 %.

Doba porovnání

Doba porovnání se obvykle stanovuje na základě očekávané životnosti zařízení. Doba provozování plynové kotelny (kotle a kogenerační jednotka) byla stanovena na 15 let.

Cenový vývoj

Během doby provozování zařízení se může významně měnit inflace a tím i ceny. V obvyklém případě, pak především změny cen energie významně ovlivňují ekonomické výsledky energeticky zaměřených projektů. V porovnání není počítáno s meziročními změnami cen energií.

Odpisy a daň z příjmu

Při stanovení odpisů z investice se vychází z příslušných ustanovení zákona č. 586/1992 Sb. O dani z příjmu. Zařazení příslušných zařízení do jednotlivých odpisových skupin je provedeno v souladu s přílohou tohoto zákona, každé odpisové skupině jsou pak přiřazeny odpisové sazby resp. koeficienty. V navržených variantách byla zvolena metoda lineárního (rovnoměrného) odepisování.

Financování

Způsob financování navržených variant byl řešen vlastními finančními prostředky – vlastní investiční prostředky 100%.

8.3 Základní kritéria při hodnocení projektů

Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota je jedním ze základních a v praxi nejčastěji používaným kritériem při hodnocení investic. Obecně je založena na porovnání peněžních toků (příjmů a výdajů) generovaných projektem za celou dobu životnosti, které jsou diskontovány k okamžiku rozhodování. Poskytuje informaci o ziskovosti projektu v absolutním vyjádření, tedy v peněžních jednotkách. Projekt je ziskový tehdy, pokud je čistá současná hodnota kladná, což nastává tehdy, pokud současná hodnota očekávaných příjmů z investice je vyšší než současná hodnota výdajů spojených s danou investicí.

Matematicky lze toto kritérium vyjádřit následujícím vztahem,

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+R)^t} - INV_0 \quad [\text{tis. Kč}] \quad (10)$$

Kde jsou,

NPV čistá současná hodnota [tis. Kč]

CF_t peněžní tok v roce t [tis. Kč]

R diskontní sazba [1]

INV_0 investiční náklady [tis. Kč]

Při výběru z několika vzájemně vylučitelných investičních variant je preferována ta, jejíž čistá současná hodnota je nejvyšší.

Předností tohoto kritéria je zejména fakt, že bere v úvahu všechny peněžní toky za celou dobu životnosti investice (na rozdíl od kritéria doby návratnosti). Taktéž jej lze aplikovat v situacích, kdy opatření není spojeno s žádnými počátečními investičními náklady.

Vnitřní výnosové procento (IRR)

Vnitřní výnosové procento je takové procento, při němž se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům. Toto procento pak vyjadřuje průměrný výnos z investice za celou dobu jejího trvání. Investice se považuje za ziskovou tehdy, jestliže vnitřní výnosové procento je vyšší než je minimální požadovaná výnosnost investice (určená např. výše popsaným modelem CAPM), tedy musí platit, že $VVP \geq R$.

Matematicky lze toto kritérium popsat takto,

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+VVP)^t} = INV_0 \quad [1] \quad (11)$$

Kde je,

VVP hledané vnitřní výnosové procento [1]

Výhody tohoto kritéria jsou shodné jako u kritéria čisté současné hodnoty, a proto by měly být při rozhodování investora považovány za stěžejní a nejdůležitější.

Prostá doba návratnosti investic DN

Prostá návratnost investic je pomocným kritériem při hodnocení ekonomické efektivnosti investice. Vyjadřuje počet let, za které očekávané příjmy z investice pokryjí počáteční investiční výdaje. Přitom rozhodujícím kritériem je, aby doba návratnosti byla kratší, než je očekávaná doba životnosti investice. Nevýhodou tohoto kritéria je skutečnost, že nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz (ocenění toků hotovosti prostřednictvím diskontní míry, pracuje s nominálními peněžními toky) a také fakt, že nezohledňuje peněžní toky po době návratnosti. Proto je její vypovídací schopnost omezená a slouží jen jako orientační kritérium.

Matematicky lze toto kritérium vyjádřit následovně,

$$DN = \frac{INV_0}{\sum_{t=1}^N CF_t} \quad [\text{rok}] \quad (12)$$

Kde je,

DN doba návratnosti [rok]

Diskontovaná doba návratnosti

Jedná se o modifikaci kritéria prosté doby návratnosti. Rozdíl spočívá v tom, že se zde nepracuje s nominálními peněžními toky, ale diskontovanými. Rozhodující kritérium je definováno stejným způsobem.

Matematicky lze toto kritérium vyjádřit následovně,

$$DN = \frac{INV_0}{\sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+R)^t}} \quad [\text{rok}] \quad (13)$$

8.4 Výsledné ekonomické ukazatele

Na základě známých investičních a provozních nákladů a provozních příjmů (kapitola 6) byly vyhodnoceny pro jednotlivé varianty ekonomické ukazatele uvedené v následující

tabulce. Celý výpočet byl proveden pomocí programu, vytvořeném pracovníky na Výzkumném energetickém centru.

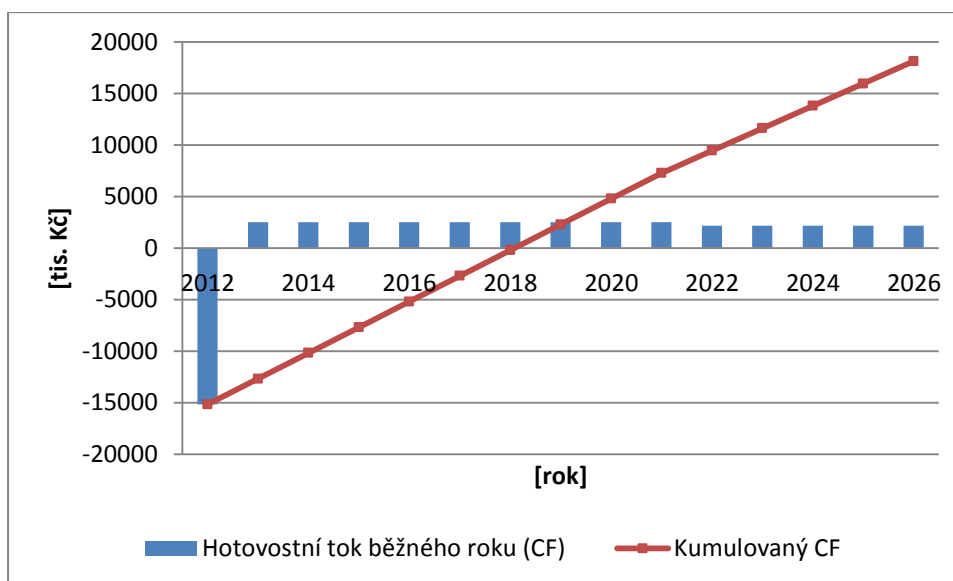
Hodnotící kritéria	Jednotka	Var 1	Var 2
Investiční náklady	[tis. Kč]	15 400	20 200
Provozní náklady	[tis. Kč]	7 678	8 533
Provozní příjmy	[tis. Kč]	10 389	10 873
Čistá současná hodnota (NPV)	[tis. Kč]	11 856	4 458
Vnitřní výnosové procento (IRR)	[%]	13,22	6,25
Doba splacení (prostá)	[rok]	6,9	10,1
Doba splacení (diskontovaná)	[rok]	7,0	11,0
Rok hodnocení	[rok]	2012	2012
Doba životnosti (hodnocení)	[rok]	15	15
Diskont	[%]	3,00	3,00
CF	[tis. Kč]	18 115	10 037

Tabulka č. 40 Ekonomické vyhodnocení navržených variant

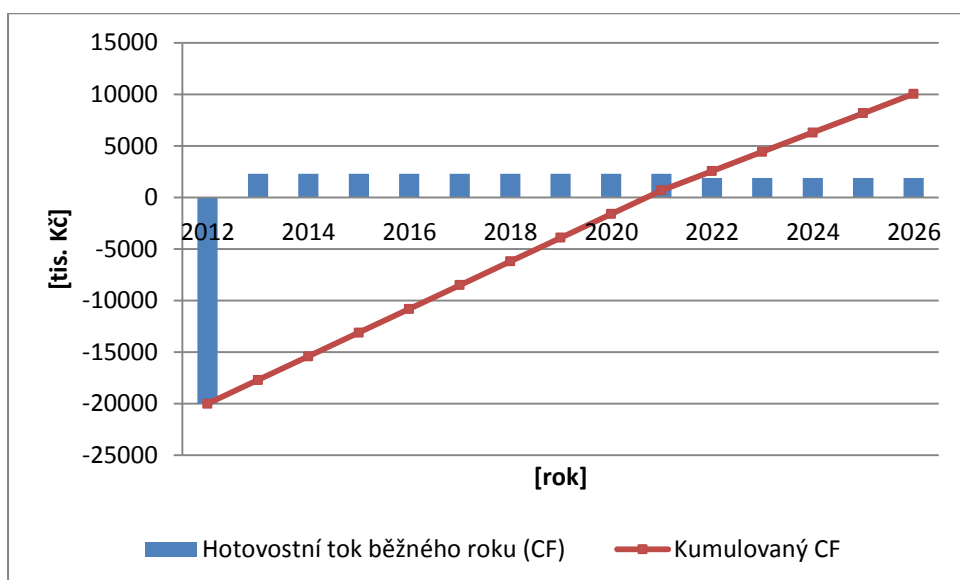
Navržené varianty jsou hodnoceny pouze s vlastními prostředky. V takovém případě je dosaženo prosté návratnosti vynaložených prostředků ve var 1 po 6,9 letech a var 2 po 10,1 letech. Prostá doba návratnosti nepracuje se všemi peněžními toky za celou dobu hodnocení, proto ji nelze používat jako efektivní pomůcku při stanovení rentabilnosti projektu.

Takovými indikátory jsou NPV a IRR. Navržené varianty produkují míru meziročního zhodnocení vložených prostředků IRR 13,22 % a 6,25 %. Čistá současná hodnota u jednotlivých variant dosahuje NPV 18 115 tis. Kč ve var 1 a NPV 10 037 tis. Kč ve var 2.

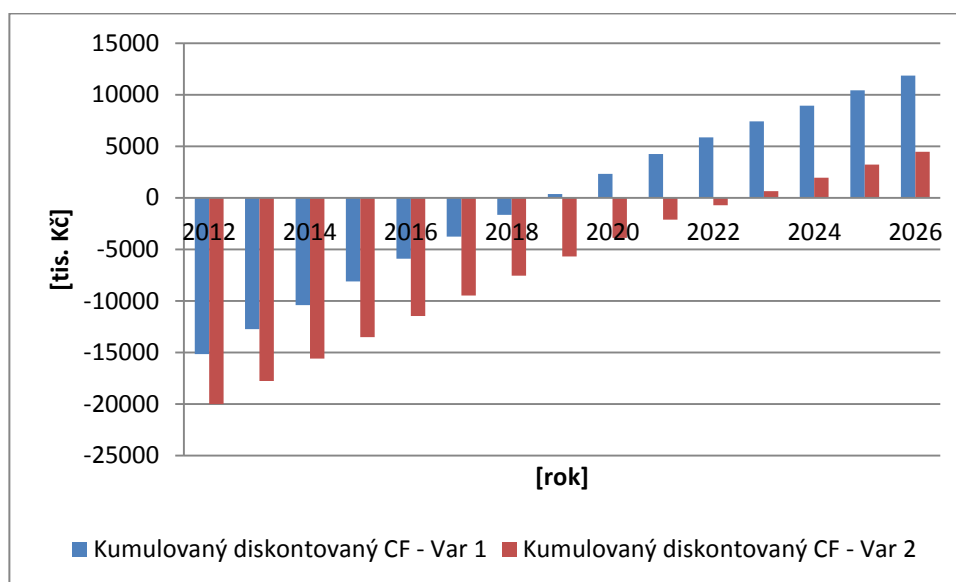
Následující grafy znázorňují tok peněz v následujících 15 letech, což je doba životnosti zařízení.



Graf č. 22 Průběh cash flow investora – Var 1

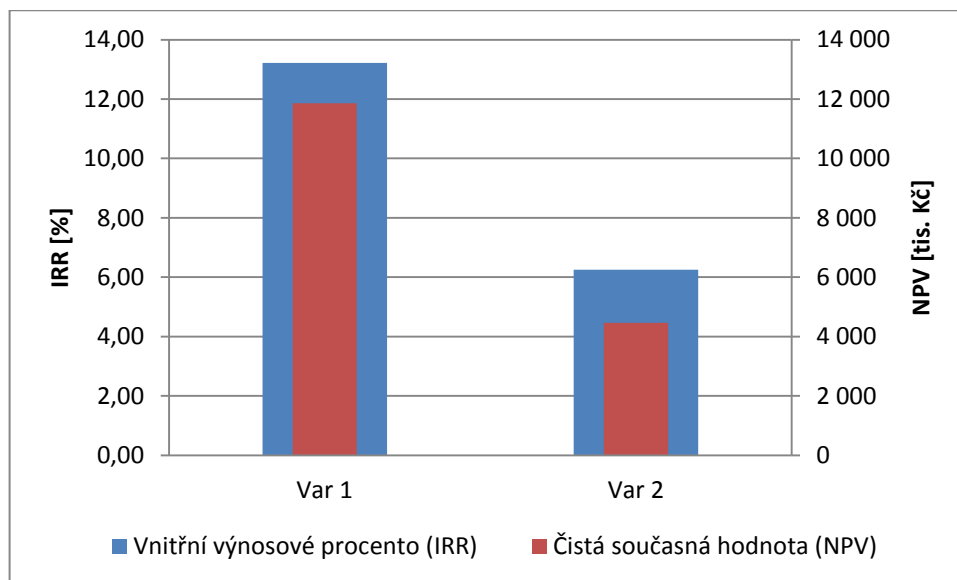


Graf č. 23 Průběh cash flow investora – Var 2



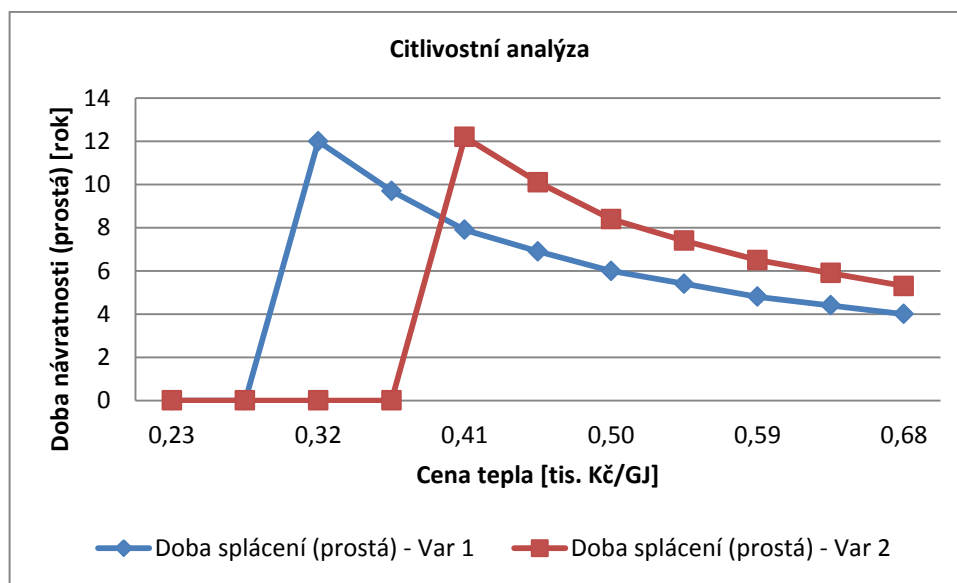
Graf č. 24 Porovnání kumulovaného diskontovaného cash flow jednotlivých variant

Při výběru z několika investičních variant je preferována ta, jejíž čistá současná hodnota je nejvyšší. IRR vyjadřuje průměrný výnos z investice za celou dobu jejího trvání. Z následujícího grafu je zřejmé, že KGJ s pístovým spalovacím motorem je z ekonomického hlediska výhodnější a rentabilnější.

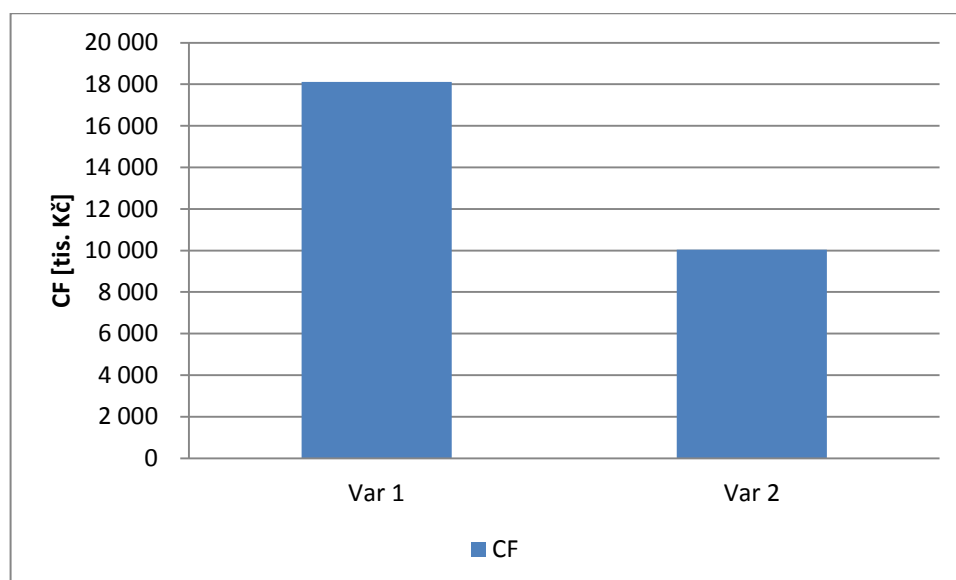


Graf č. 25 Porovnání ekonomické výteřnosti projektu z hlediska NPV a IRR

Byla provedena citlivostní analýza v souvislosti se změnou ceny tepla pro odběratele.



Graf č. 26 Citlivostní analýza – závislost doby návratnosti na ceně tepla



Graf č. 27 Porovnání CF na konci doby hodnocení

9 Celkový potenciál úspor

9.1 Energetické úspory

Po instalaci KGJ v obou variantách dojde k navýšení spotřeb energií. Vlivem instalace nového zdroje se zvýší spotřeba ZP a stávající spotřeba EE pro provoz vytopeny.

Spotřeba energií	Jednotka	Varianta 1	Varianta 2
Spotřeba ZP	[GJ/rok]	11 322,71	15 701,93
Spotřeba EE	[MWh]	80,24	96,29

Tab. č. 41 – Potenciál energetických úspor

9.2 Konečná cena tepla

Výpočet konečné ceny tepla se skládá ze čtyř základních parametrů. Jedná se o proměnné náklady na výrobu tepla (palivo, EE, technologická voda, atd.), stálé náklady na výrobu tepla (mzdy, opravy, údržba, odpisy, atd.), zisk provozovatele tepla z prodeje tepla a množství dodaného (prodaného) tepla odběratelům.

Proměnné náklady, stálé náklady a zisk tvoří celkové náklady na dodávku daného množství tepla. Celkové náklady jsou následně vyděleny množstvím dodaného tepla, z čehož vyplyne reálná cena tepla. Konečná cena tepla pro zákazníky je následně navýšena o sníženou sazbu DPH (v roce 2012 je to 14 %).

Nejvyšší položku z konečné ceny tepla tvoří proměnné náklady, konkrétně náklady na palivo. Velikost stálých nákladů u velkých zdrojů tepla nejvíce ovlivňují především

náklady na mzdy a zákonné pojištění (cca 7 až 12 %) a v závislosti na stáří a technickém stavu zařízení, také náklady na opravy a údržbu zařízení (až 7 %), popř. splátky úvěru nebo leasing zařízení (až 10 %), pokud proběhla např. rekonstrukce zařízení, nákup nového zařízení, apod.

Oprávněnou součástí kalkulace je také zisk provozovatele, který může činit až 10%. Skutečný stav je však takový, že provozovatel stávající výtopny provozuje zdroj tepla s minimálním ziskem (2,1 %), aby vyhověli požadavkům odběratelů na co nejnížší cenu tepla a nedocházelo k jejich odpojování.

V následující tabulce je uveden seznam položek uváděných v kalkulaci ceny tepla dle ERÚ a jejich specifikace.

Kalkulace ceny tepelné energie dle požadavků ERÚ	
Položka	Specifikace
Proměnné náklady	Jedná se o součet všech ročních proměnných nákladů.
Palivo	Jedná se o roční náklady na palivo nebo paliva spotřebované pro výrobu a dodávku uvedeného množství tepla.
Nákup tepelné energie	Jedná se o roční náklady na nakupované teplo, jenž je případně dále přeprodáváno koncovým odběratelům.
Elektrická energie - vlastní spotřeba	Jedná se o roční náklady na vlastní spotřebu elektrické energie pro výrobu a dodávku uvedeného množství tepla.
Technologická voda	Jedná se o roční náklady doplňování a úpravy technologické vody k výrobě uvedeného množství tepla.
Ostatní proměnné náklady	Jedná se o ostatní proměnné roční náklady (např. náklady na nákup emisních povolenek, náklady na likvidaci popele, náklady na odsiřování, náklady na ostatní čištění spalin, apod.).
Stálé náklady	Jedná se o součet všech ročních stálých nákladů.
Mzdy a zákonné pojištění	Jedná se o roční náklady na mzdy a zákonné pojištění zaměstnanců, jenž zajišťují výrobu a dodávku uvedeného množství tepla.
Opravy a údržba	Jedná se o roční náklady na opravy a údržbu zařízení, jenž souvisí s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla.
Odpisy	Jedná se o roční účetní odpisy majetku a zařízení nezbytných pro výrobu a dodávku uvedeného množství tepla.
Nájem	Jedná se o roční náklady za nájem a podnájem majetku a zařízení souvisejících s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla.
Finanční leasing	Jedná se o roční náklady za finanční pronájem s následnou koupí najaté věci (finanční leasing zařízení) související s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla.
Zákonné rezervy	Jedná se o roční odvody do řádně účtovaných rezerv na opravu hmotného majetku, jenž souvisí s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla.
Výrobní režie	Jedná se o roční náklady na výrobní režii, jenž souvisí s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla.
Správní režie	Jedná se o roční náklady na správní režii, jenž souvisí s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla.
Úroky	Jedná se o roční náklady splacení úroků z úvěru, půjčky a jiné výpomoci, které jsou nezbytné a přímo souvisejí s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla.
Ostatní stálé náklady	Jedná se o ostatní roční náklady, jenž souvisí s výrobou a dodávkou uvedeného množství tepla (např. věcná břemena, apod.).
Zisk	Jedná se o roční zákonem definovaný přiměřený zisk z prodeje tepla před zdaněním.
Stálé náklady a zisk celkem	Jedná se o součet všech stálých ročních nákladů a ročního zisku.

Kalkulace ceny tepelné energie dle požadavků ERÚ	
Položka	Specifikace
Celkem náklady a zisk	Jedná se o součet všech ročních nákladů a ročního zisku.
Množství tepelné energie	Jedná se o celkové roční množství tepelné energie prodané (dodané) jednotlivým koncovým odběratelům.
Cena bez DPH	Jedná se o cenu tepla pro koncové odběratele.
Aktuální sazba DPH na teplo pro rok 2012	Jedná se o procentní podíl přírážky ke konečné ceně tepla bez DPH, daný zákonem (na teplo je pro rok 2012 určená snížená sazba DPH=14%).
Cena včetně DPH	Jedná se o finální cenu tepla pro koncové odběratele se započtením snížené sazby DPH.

Tab. č. 42 – Položky kalkulace ceny tepelné energie a jejich specifikace

9.2.1 Stávající stav

V současnosti je cena tepla na patě domovního objektu 500 Kč/GJ (bez DPH). V následující tabulce je uvedena kalkulace ceny tepla dle ERÚ.

Výtopna - Stávající stav		
Položka	Jednotka	Hodnota
Proměnné náklady	[tis. Kč/rok]	16 256
Palivo – ZP	[tis. Kč/rok]	15 428
Nákup tepelné energie	[tis. Kč/rok]	0
Elektrická energie	[tis. Kč/rok]	766
Technologická voda	[tis. Kč/rok]	53
Ostatní proměnné náklady	[tis. Kč/rok]	9
Stálé náklady	[tis. Kč/rok]	9 384
Mzdy a zákonné pojištění	[tis. Kč/rok]	0
Opravy a údržba	[tis. Kč/rok]	967
Odpisy	[tis. Kč/rok]	2 530
Nájem	[tis. Kč/rok]	429
Finanční leasing	[tis. Kč/rok]	0
Zákonné rezervy	[tis. Kč/rok]	0
Výrobní režie	[tis. Kč/rok]	3 457
Správní režie	[tis. Kč/rok]	1 805
Úroky	[tis. Kč/rok]	0
Ostatní stálé náklady	[tis. Kč/rok]	195
Zisk	[tis. Kč/rok]	554
Stálé náklady a zisk celkem	[tis. Kč/rok]	9 939
Celkem náklady a zisk	[tis. Kč/rok]	26 195
Množství tepelné energie	[GJ/rok]	52 389
Cena bez DPH	[Kč/GJ]	500,00
Aktuální sazba DPH na teplo pro rok 2012	[%]	14,0
Cena včetně DPH	[Kč/GJ]	570,00

Tab. č. 43 – Základní parametry výtopny na ZP

9.2.2 Konečná cena tepla po instalaci KGJ – Var 1

Pro správné vyhodnocení konečné ceny tepla po instalaci KGJ je nutno nejprve správně vyhodnotit provoz samotné KGJ. Vzhledem k tomu, že se jedná o zařízení vyrábějící 2 druhy energie (teplo a EE), byla KGJ pro zjednodušení vyhodnocena, jako samostatné zařízení. V následujících tabulkách jsou uvedeny jednotlivé výpočty.

Výpočet úspory po instalaci KGJ - Var 1		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Stávající spotřeba ZP	[GJ/rok]	57 918
Aktuální cena ZP	[Kč/GJ]	266,4
Stávající platba za ZP	[tis. Kč/rok]	15 428
Výroba tepla ve stávajícím zdroji	[GJ/rok]	48 764
Průměrná účinnost stávajícího zdroje	[1]	1,005
Nová spotřeba ZP ve stávajícím zdroji	[GJ/rok]	48 522
Aktuální cena ZP	[Kč/GJ]	266,4
Nová platba za ZP pro stávající zdroj	[tis. Kč/rok]	12 925
Nová spotřeba ZP v KGJ	[GJ/rok]	20 719
Aktuální cena ZP	[Kč/GJ]	266,4
Nová platba za ZP pro KGJ	[tis. Kč/rok]	5 519
Nová celková spotřeba ZP	[GJ/rok]	69 240
Nová celková platba za ZP	[tis. Kč/rok]	18 444
Navýšení platby za ZP	[tis. Kč/rok]	3 016
Zisk z prodeje EE	[tis. Kč/rok]	6 139

Tabulka č. 44 Spotřeba paliva a výroba EE po instalaci KGJ

Provozní příjmy a provozní náklady KGJ - Var 1		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Příjmy z prodané EE a z příspěvku pro kombinovanou výrobu EE	[tis. Kč/rok]	6 139
Příjmy celkem	[tis. Kč/rok]	6 139
Zvýšení nákladů na palivo	[tis. Kč/rok]	3 016
Náklady na údržbu	[tis. Kč/rok]	698
Náklady na poplatky z výroby EE	[tis. Kč/rok]	1 372
Pojištění	[tis. Kč/rok]	18
Náklady na mzdy	[tis. Kč/rok]	50
Náklady na revize, měření apod.	[tis. Kč/rok]	20
Náklady celkem	[tis. Kč/rok]	5 175
Příjmy a náklady celkem	[tis. Kč/rok]	964

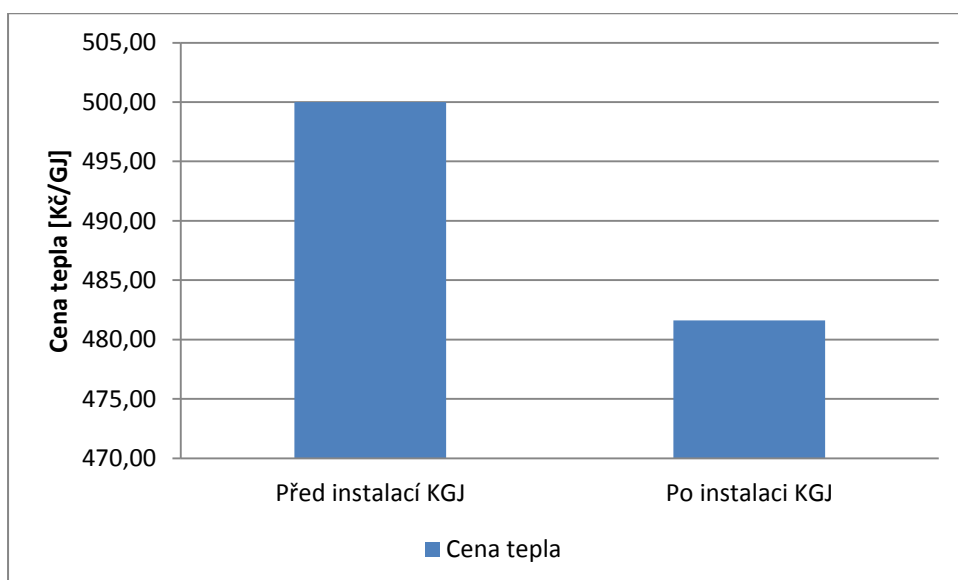
Tabulka č. 45 Celkové provozní příjmy a náklady na instalaci KGJ

Výpočet konečné ceny tepla z výtopny po instalaci KGJ je proveden obdobně, jako výpočet ceny tepla výtopny bez KGJ při zachování stávajících nákladů. Po instalaci KGJ jsou následně sníženy celkové náklady o příjem plynoucí z instalace KGJ.

Konečná cena tepla - po instalaci KGJ - Var 1			
Položka	Jednotka	Před instalací KGJ	Po instalaci KGJ
		Hodnota	Hodnota
Proměnné náklady	[tis. Kč/rok]	16 256	16 256
Palivo	[tis. Kč/rok]	15 428	15 428
Nákup tepelné energie	[tis. Kč/rok]	0	0
Elektrická energie - vlastní spotřeba	[tis. Kč/rok]	766	766
Technologická voda	[tis. Kč/rok]	53	53
Ostatní proměnné náklady	[tis. Kč/rok]	9	9
Stálé náklady	[tis. Kč/rok]	9 384	9 384
Mzdy a zákonné pojištění	[tis. Kč/rok]	0	0
Opravy a údržba	[tis. Kč/rok]	967	967
Odpisy	[tis. Kč/rok]	2 530	2 530
Nájem	[tis. Kč/rok]	429	429
Finanční leasing	[tis. Kč/rok]	0	0
Zákonné rezervy	[tis. Kč/rok]	0	0
Výrobní režie	[tis. Kč/rok]	3 457	3 457
Správní režie	[tis. Kč/rok]	1 805	1 805
Úroky	[tis. Kč/rok]	0	0
Ostatní stálé náklady	[tis. Kč/rok]	195	195
Zisk	[tis. Kč/rok]	554	554
Dotace ceny tepla z prodané EE	[tis. Kč/rok]	0	-964
Stálé náklady, zisk a dotace ceny tepla celkem	[tis. Kč/rok]	9 939	8 975
Celkem náklady a zisk	[tis. Kč/rok]	26 195	25 231
Množství tepelné energie	[GJ/rok]	52 389	52 389
Konečná cena tepla bez DPH	[Kč/GJ]	500,00	481,60
Aktuální sazba DPH pro teplo pro rok 2012	[%]	14,0	14,0
Konečná cena tepla včetně DPH	[Kč/GJ]	570,00	549,03

Tabulka č. 46 Konečná cena tepla po instalaci KGJ

Výpočet je založen na předpokladu, že úspora bude ve výši 18,4 Kč/GJ pouze, pokud všechny příjmové a nákladové položky uvedené v tabulce č. 46 budou konstantní a neměnné v celém sledovaném horizontu (tj. konstantní cena paliva, funkčnost KGJ po dobu 15 let, konstantní náklady na opravy a údržbu, konstantní výkupní cena EE a konstantní příspěvky KVET).



Graf č. 28 Snížení konečné ceny tepla (bez DPH).

9.2.3 Konečná cena tepla po instalaci KGJ – Var 2

Postup výpočtu je shodný s postupem v předešlé variantě, tzn. že KGJ byla pro zjednodušení vyhodnocena jako samostatné zařízení. V následujících tabulkách jsou uvedeny jednotlivé výpočty.

Výpočet úspory po instalaci KGJ - Var 2		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Stávající spotřeba ZP	[GJ/rok]	57 918
Aktuální cena ZP	[Kč/GJ]	266,4
Stávající platba za ZP	[tis. Kč/rok]	15 428
Výroba tepla ve stávajícím zdroji	[GJ/rok]	47 594
Průměrná účinnost stávajícího zdroje	[1]	1,005
Nová spotřeba ZP ve stávajícím zdroji	[GJ/rok]	47 357
Aktuální cena ZP	[Kč/GJ]	266,4
Nová platba za ZP pro stávající zdroj	[tis. Kč/rok]	12 615
Nová spotřeba ZP v KGJ	[GJ/rok]	26 262
Aktuální cena ZP	[Kč/GJ]	266,4
Nová platba za ZP pro KGJ	[tis. Kč/rok]	6 996
Nová celková spotřeba ZP	[GJ/rok]	73 620
Nová celková platba za ZP	[tis. Kč/rok]	19 610
Navýšení platby za ZP	[tis. Kč/rok]	4 183
Zisk z prodeje EE	[tis. Kč/rok]	6 096

Tabulka č. 47 Spotřeba paliva a výroba EE po instalaci KGJ

Provozní příjmy a provozní náklady KGJ - Var 2		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Příjmy z prodané EE a z příspěvku pro kombinovanou výrobu EE	[tis. Kč/rok]	6 096
Příjmy celkem	[tis. Kč/rok]	6 096
Zvýšení nákladů na palivo	[tis. Kč/rok]	4 183
Náklady na údržbu	[tis. Kč/rok]	72
Náklady na poplatky z výroby EE	[tis. Kč/rok]	1 372
Pojištění	[tis. Kč/rok]	24
Náklady na mzdy	[tis. Kč/rok]	50
Náklady na revize, měření apod.	[tis. Kč/rok]	20
Náklady celkem	[tis. Kč/rok]	5 721
Příjmy a náklady celkem	[tis. Kč/rok]	375

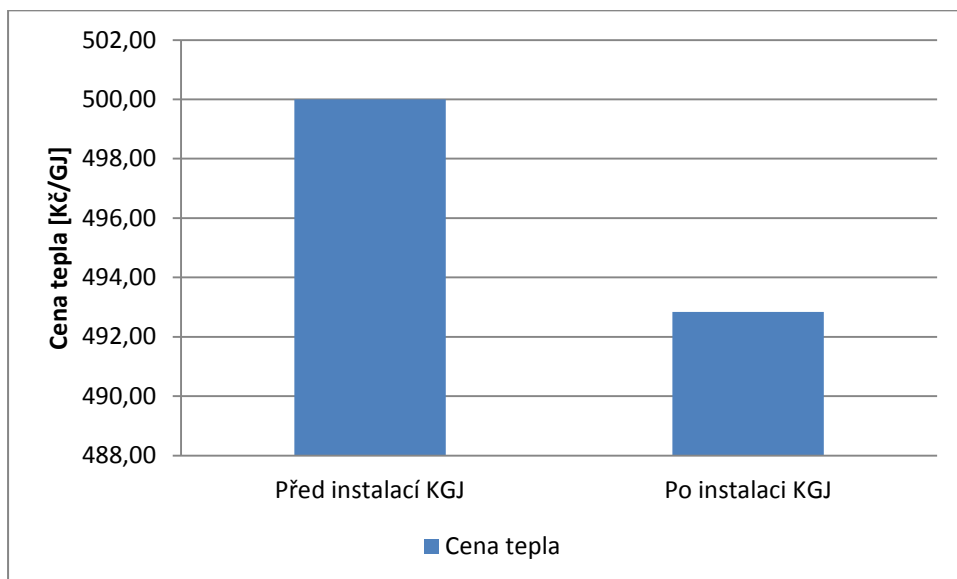
Tabulka č. 48 Celkové provozní příjmy a náklady na instalaci KGJ

Výpočet konečné ceny tepla z výtopny po instalaci KGJ je proveden obdobně, jako výpočet ceny tepla výtopny bez KGJ při zachování stávajících nákladů. Po instalaci KGJ jsou následně sníženy celkové náklady o příjem plynoucí z instalace KGJ.

Konečná cena tepla - po instalaci KGJ - Var 2			
Položka	Jednotka	Před instalací KGJ	Po instalaci KGJ
		Hodnota	Hodnota
Proměnné náklady	[tis. Kč/rok]	16 256	16 256
Palivo	[tis. Kč/rok]	15 428	15 428
Nákup tepelné energie	[tis. Kč/rok]	0	0
Elektrická energie - vlastní spotřeba	[tis. Kč/rok]	766	766
Technologická voda	[tis. Kč/rok]	53	53
Ostatní proměnné náklady	[tis. Kč/rok]	9	9
Stálé náklady	[tis. Kč/rok]	9 384	9 384
Mzdy a zákonné pojištění	[tis. Kč/rok]	0	0
Opravy a údržba	[tis. Kč/rok]	967	967
Odpisy	[tis. Kč/rok]	2 530	2 530
Nájem	[tis. Kč/rok]	429	429
Finanční leasing	[tis. Kč/rok]	0	0
Zákonné rezervy	[tis. Kč/rok]	0	0
Výrobní režie	[tis. Kč/rok]	3 457	3 457
Správní režie	[tis. Kč/rok]	1 805	1 805
Úroky	[tis. Kč/rok]	0	0
Ostatní stálé náklady	[tis. Kč/rok]	195	195
Zisk	[tis. Kč/rok]	554	554
Dotace ceny tepla z prodané EE	[tis. Kč/rok]	0	-375
Stálé náklady, zisk a dotace ceny tepla celkem	[tis. Kč/rok]	9 939	9 563
Celkem náklady a zisk	[tis. Kč/rok]	26 195	25 819
Množství tepelné energie	[GJ/rok]	52 389	52 389
Konečná cena tepla bez DPH	[Kč/GJ]	500,00	492,84
Aktuální sazba DPH pro teplo pro rok 2012	[%]	14,0	14,0
Konečná cena tepla včetně DPH	[Kč/GJ]	570,00	561,84

Tabulka č. 49 Konečná cena tepla po instalaci KGJ

Výpočet je založen na předpokladu, že úspora bude ve výši 7,16 Kč/GJ pouze, pokud všechny příjmové a nákladové položky uvedené v tabulce č. 49 budou konstantní a neměnné v celém sledovaném horizontu (tj. konstantní cena paliva, funkčnost KGJ po dobu 15 let, konstantní náklady na opravy a údržbu, konstantní výkupní cena EE a konstantní příspěvky KVET).



Graf č. 29 Snížení konečné ceny tepla (bez DPH).

10 Závěr

V této diplomové práci bylo mým úkolem vypracovat návrh intenzifikace plynové kotelny v systému CZT pomocí kogeneračního zařízení ve variantách se spalovací plynovou turbínou a plynovým pístovým motorem. Vycházela jsem ze spotřeb tepla, resp. množství vyrobeného tepla stávajícího zdroje. KGJ byla navržena jako základní zdroj, který pokrývá spotřebu tepla na přípravu TV v průběhu celého roku. Pro obě varianty jsem navrhla jednotky s elektrickým výkonem 600 kW. Obě varianty jsem zhodnotila z hlediska energetického, ekonomického a z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. Výstupem tohoto srovnání je jednoznačnost výhodnosti varianty KGJ s pístovým spalovacím motorem. Z energetického hlediska sice tato jednotka vyrobí méně tepla a podílí se na celkové spotřebě 16 %, oproti 18 % ve variantě se spalovací mikroturbínou, ale účinnost přeměny přivedeného paliva na tepelnou a elektrickou energii je vyšší, tudíž výsledná energetická bilance je pro provoz výhodnější.

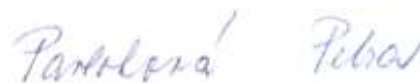
Spalovací motor má oproti mikroturbíně mnoho výhod. Z porovnání ekonomického vyplynuly pro spalovací turbínu vyšší investiční výdaje, vyšší provozní náklady a to zejména z důvodu vyšších nákladů na palivo. Dle katalogů výrobců je turbína výhodná zejména z důvodu nižších provozních emisí, ale vzhledem k tomu, že jsem provedla environmentální vyhodnocení na základě znalostí spotřeb zemního plynu a emisních faktorů, které jsou v souladu se zákonem 352/2002 Sb. a vzhledem k vyšší spotřebě zemního plynu, vyprodukuje, podle tohoto porovnání, turbína, jako zdroj spalující zemní plyn, větší množství emisí.

Jako variantu pro snížení konečné ceny tepla bych volila variantu se spalovacím motorem, která při závěrečném vyhodnocení dosahuje úspory 18,4 Kč/GJ, což je cca o 10 Kč/GJ víc než u varianty s plynovou mikroturbínou.

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Michal Žídek PhD. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Ostravě: 21. 5. 2012



.....
podpis studenta

11 Seznam použité literatury

- [1] KARAFIÁT J.: *Teplárenství*, prosinec 2011. Dostupné na WWW: <http://k315.feld.cvut.cz/download/tep/teplarenstvi.pdf7>
- [2] KYSELA L., MÍKA J., KYSELOVÁ S.: *Teplárenství*, VŠB – TUO, Ostrava 2010
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ POD VEDENÍM M. ZAJÍČKA: *Studie stavu teplárenství*, Vysoká škola ekonomická, Praha 2011
- [4] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD: *Vyhodnocení cen tepelné energie k 1. 1. 2011*, listopad 2011. Dostupné na WWW: <http://eru.cz/>
- [5] DVORSKÝ E., HEJTMÁNKOVÁ P.: *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*, BEN – technická literatura, Praha 2005, ISBN 80-7300-118-7.
- [6] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU: *Kombinovaná výroba elektřiny a tepla v roce 2008*, duben 2010. Dostupné na WWW: <http://www.mpo.cz/dokument72588.html>
- [7] TEDOM a.s.: *Technické specifikace KJ*.
- [8] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD: *Cenové rozhodnutí energetického regulačního úřadu č. 4/2011*, listopad 2011. Dostupné na WWW: <http://eru.cz/>
- [9] TEDOM a.s.: *Kogenerační jednotka*. Dostupná na WWW: <http://kogenerace.tedom.cz/download-prospekty-v-pdf--1.html>
- [10] ŠUROVSKÝ J.: *Mikroturbína - Energetická revoluce pro 21. století*, Instalace Praha, Praha 2003
- [11] CAPSTONE : *Spalovací mikroturbína*. Dostupná na WWW: <http://www.gascontrol.cz/produkty/spalovaci-mikroturbiny.html>
- [12] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD: *Cenové rozhodnutí energetického regulačního úřadu č. 5/2011*, listopad 2011. Dostupné na WWW: <http://eru.cz/>

12 Přílohy

- Příloha č. 1: Výkres napojení kogeneračního zařízení na stávající systém
- Příloha č. 2: Technologické schéma KGJ s pístovým spalovacím motorem
- Příloha č. 3: Technologické schéma KGJ s plynovou spalovací turbínou